

Projecto e Gestão Optimizada de Sistemas de Rega em Espaços Verdes

Gonçalo Maria Ferrão Loureiro de Figueiredo Barros

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em:
Arquitectura Paisagista

Orientador: Professor Cat. Pedro Manuel Leão Rodrigues de Sousa
Co-orientador: Engenheiro Agrónomo António Magalhães Carvalho

Júri:

PRESIDENTE: Doutor Luís Paulo Almeida Faria Ribeiro, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa; VOGAIS: Doutor Pedro Manuel Leão Rodrigues de Sousa, Professor Cat.Aposentado do Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa; Doutor Pedro Miguel Ramos Arsénio, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa;

2015

Agradecimentos

Gostaria de manifestar o meu agradecimento ao meu orientador, Professor Doutor Pedro Leão por ter aceite dirigir a minha dissertação, pela sua sabedoria, pelos seus conselhos, correcções e sugestões que ajudaram a valorizar este trabalho.

Um sincero obrigado também ao meu coorientador, Engenheiro António Magalhães Carvalho, por me ter fornecido a base do projecto, ter demonstrado sempre disponibilidade para me receber, esclarecer e ensinar aspectos importantes no que toca à parte prática do projecto.

Um obrigado também ao Professor João Nunes por ter disponibilizado a base do projecto.

Gostaria também de agradecer às minhas irmãs Fabíola e Mafalda, que sempre me motivaram ao longo deste trabalho e aos meus pais que me possibilitaram acabar o curso.

Não poderei esquecer os meus tios, Teresa e Carlos Garcia pelo apoio moral e emocional, assim como, a orientação e aconselhamento em momentos mais críticos.

Obrigado Teresa pelo teu apoio e carinho incondicional

Resumo

No que toca à manutenção de um espaço verde, a rega é fundamental. Esta vai ajudar a atingir os objectivos estéticos e funcionais estipulados pelo Arquitecto Paisagista. No entanto, com as crescentes preocupações em relação à poupança deste recurso, é essencial que se proceda à rega da forma mais eficiente possível.

Este trabalho tem como objectivos realçar a importância da presença da água num espaço verde, dar a conhecer como evoluiu a forma de distribuição de água nos sistemas de rega, demonstrar uma das metodologias mais usadas no procedimento dos cálculos das necessidades hídricas e ainda exemplificar como se deve projectar e gerir um sistema de rega.

As metodologias utilizadas são baseadas nos ensinamentos colhidos nas aulas de Engenharia Aplicada à Arquitectura Paisagista (no Instituto Superior de Agronomia – Universidade de Lisboa) com determinadas adaptações na parte do Projecto.

Conclui-se que a única forma de ocorrer um uso sustentável da água num espaço verde, é incorporar obrigatoriamente um sistema de rega bem estruturado e que este distribua uma quantidade de água, que corresponda às necessidades hídricas das plantas. Sintetizando, aponta-se para a exigência de, em cada caso, se conceber um projecto de rega, baseado na satisfação das necessidades hídricas das plantas a beneficiar, de se elaborar uma ajustada programação das regas, por forma a se minimizar as perdas de água e de subsequentemente acompanhar o funcionamento do sistema com uma gestão adequada.

Palavras-Chave: *Sistemas de rega, rega de espaços verdes, projecto de rega, necessidades hídricas, balanço hídrico do solo.*

Abstract

Regarding the maintenance of green spaces, watering is essential. This will help meet the aesthetic and functional objectives stipulated by the Landscape Architect. However, with increasing concerns about saving this resource, it is essential to do the watering in the most efficient manner possible.

This paper aims to highlight the importance of the presence of water in a green space; make known how has the water distribution in irrigation systems evolved; Demonstrate one of the most used methods in the procedure of calculation of water requirements and also illustrates how to design and manage an irrigation system.

The methodologies used are based on lessons learned in the classes of Applied Engineering to Landscape Architecture (at the Higher Institute of Agronomy - University of Lisbon) with certain adjustments in the Project.

To conclude, the only way to sustainably use water in a green space is to mandatorily incorporate a well structured irrigation system and that water is distributed in the amount, which corresponds only to the requirements of the plants.

To conclude, the only way to sustainably use water in a green space, is to mandatorily incorporate a well structured irrigation system and that water is distributed in the amount, which corresponds only to the requirements of the plants. In summary, pointing to the requirement of in each case, to conceive a project of irrigation, based on satisfying the water needs of plants to benefit, to develop a set schedule of watering, so to minimize the loss of water and subsequently monitor the functioning of the system with proper management.

Keywords: *Irrigation System, Watering Green Spaces, Watering Project, water needs, water balance in the soil.*

Extended Abstract

Water is essential to life, it has always been recognized early on as a key element in the survival of Man. Such, that the first great human civilizations implemented on the margins, or near large water lines as was the case of the Egyptian civilization.

From the earliest civilizations take advantage of the rise in the average level of the water to fertilize their land to the present day, many developments have occurred in the way that water is transported and used. These developments led to an improvement in the quality of life of Man, influencing positively the growth of urban areas. The growth that occurred in the cities came only require a greater presence of green spaces, since these are key elements in environmental, social and economic aspects for sustainable growth of any urban center. With the growing need for the presence of green spaces, the need for the presence of water also increased because for the survival and maintenance of the green space, water application is critical.

Although our planet is composed mostly of water, most of this is unusable since it's sea water or it is frozen (In the poles). The small part that is potentially useful is often in difficult to access aquifers. A potentially useful and easily accessible water is very low compared to the total water. Because of this and since water is an increasingly scarce element is natural that there is growing concern about saving it, and using it in a way that's sustainable.

On the other hand, the green spaces are a requirement, these are also essential when it comes to the comfort of human beings in cities.

Unfortunately the application of water in many green spaces is done inefficiently, because of the lack of studies of water needs, the poor installation, or the mismanagement causing waste of water and the unsustainable use of this element.

Combining these last two points, we conclude that it is vital to any green space the incorporation of a well-designed irrigation system and that it is accompanied with the corresponding calculations of water requirements. This will allow you to add the water in a correct way and in a quantity that corresponds only to the water requirements of plants. Only in this way can achieve the aesthetic and functional objectives pursued by the Landscape Architect using a smaller but much more precise amount of water.

Thus this paper aims to demonstrate:

The importance of the presence of water in a green space whether in irrigation or for aesthetic / functional elements.

The composition, objectives, advantages and disadvantages of the two systems of irrigation by pressure used in green spaces.

Yet also demonstrate the methodology that holds the design of an irrigation system, the calculations for sizing it and the calculations of the water that the plants need, adapted to the case study.

After the work is concluded that:

In a new project of a green space, the landscape architect should include a well-planned and structured irrigation network.

The landscape architect should always carry out a study of where will intervene, so as to be able to respond with the most appropriate type of irrigation for each situation as well as the amount of water and energy are consumed to respond to the water needs of the space.

Índice

1.	Introdução	1
1.1	Objectivos	1
1.2	Conceitos básicos	1
1.3	Estrutura da Tese	3
2.	Estado da Arte em Rega de Espaços Verdes	5
2.1	A Evolução da Gestão da Água	5
2.2	A Importância da Água nos Espaços Verdes	23
2.3	Os Objectivos de um Plano de Gestão de Rega	26
3.	Descrição do Local	28
3.1	Localização	28
3.2	Aspectos Climáticos	29
3.3	Solo	31
3.4	Relevo do terreno	31
4.	Definição das Metodologias Utilizadas	33
4.1	Dimensionamento Hidráulico do Sistema de Rega	33
4.1.1	Tubagens Principais	33
4.1.2	Tubagens Secundárias	38
4.1.3	Necessidades de Rega	44
4.1.3.1	Capacidade Utilizável do Solo	44
4.1.3.2	Dotação Útil de Rega	46
4.1.3.3	Dotação Real de Rega	46

4.1.3.4	Evapotranspiração de Referência, Coeficiente de Paisagem e Evapotranspiração de Paisagem	47
4.1.3.5	Intervalo entre Regas, Número de Regas no Mês de Ponta , Tempo de Rega e Intensidade Pluviométrica	52
4.1.4	Necessidades de Rega (rega localizada)	56
4.1.4.1	Dotação Máxima de Rega	56
4.1.4.2	Intervalo de Regas, Tempo de Rega Tempo Total Diário de Rega e Intervalo entre Regas	56
4.1.5	Estação de Bombagem	58
4.1.5.1	Altura Geométrica Total	58
4.1.5.2	Potência Transmitida pela Bomba	59
4.1.5.3	Potência Consumida pela Instalação	60
4.1.5.4	Consumo Energético	62
5.	Desenvolvimento do Projecto	64
5.1	Sistema de Rega	64
5.2	Organigrama da Metodologia Aplicada para a Disposição e Dimensionamento de Aspersores e Gotejadores	67
5.3	Sistema de Bombagem	67
5.4	Sistema de Filtragem e Fertirrega	69
5.5	Adoção de água	71
6.	Gestão do Projecto em Funcionamento	73
6.1	Programação do sistema de rega	73
7.	Conclusões	77
	Referências Bibliográficas	78
	Anexos	80

LISTA DE QUADROS E FIGURAS

Quadro 1: Distribuição da água no planeta de acordo com a natureza da fonte e respectivas disponibilidades. (Fonte: RAPOSO, J. R. (1996). – *A Rega dos Primitivos Regadios às Modernas Técnicas de Rega*. Edição da Fundação Calouste Gulbenkian; Lisboa)

Quadro 2: Classificação dos métodos de rega. (Fonte: RAPOSO, J. R. (1996). – *A Rega dos Primitivos Regadios às Modernas Técnicas de Rega*. Edição da Fundação Calouste Gulbenkian; Lisboa)

Figura 1: Ilustração de *Chinampas* utilizadas pelos Astecas.

Figura 2: 1ª aspersor de impacto, invenção de Orton Englehart, produtor de citrinos do Sul da Califórnia, em 1933.

Figura 3: Padrão de distribuição da água no solo mediante uma boa sobreposição dos aspersores. (Fonte: PEREIRA, L. S. (2004). – *Necessidades de Água e Métodos de Rega*. Publicações Europa-América, Colecção Euroagro, Sintra)

Figura 4: Bomba centrífuga. (Fonte: <http://www.caprari.com/pt/>)

Figura 5: Motor eléctrico para acoplamento directo a uma bomba. (Fonte: <http://cbs.grundfos.com>)

Figura 6: Injector de fertilizantes Venturi e esquema de instalação do mesmo.

Figura 7: Bombas injectoras de fertilizantes com motor eléctrico e débito constante, defuncionamento hidráulico e injeção proporcional.

Figura 8: Aspersor estático ou pulverizador. (Fonte: MELBY, P. (1995) – *Simplified Irrigation Design*. Van Nostrand Reinhold: New York)

Figura 9: Aspersor rotativo de batente. (Fonte: Adaptado de TIERCELIN, J. R. (1997). – *L'Irrigation des Parcs et Jardins*, Édition Cemagref Éditions)

Figura 10: Aspersor de turbina e pormenor das engrenagens que permitem o movimento lento da cabeça.

Figura 11: Electroválvula com solenoide na parte superior.

Figura 12: Programador de baixa capacidade. (Fonte: Catálogo Hunter 2011)

Figura 13: Microaspersor estático.

Figura 14: Tubagem com gotejadores em linha.

Figura 15: Filtro desarenador ou hidrociclone.

Figura 16: Bateria de filtros de areia.

Figura 17: Filtros de malha e de disco. (Fonte: <http://www.aquamatic.pt>)

Figura 18: Gotejador de labirinto. (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2008/2009)

Figura 19: Gotejador de percurso longo. (Fonte: RAPOSO, J. R. (1996). – *A Rega dos Primitivos Regadios às Modernas Técnicas de Rega*. Edição da Fundação Calouste Gulbenkian; Lisboa)

Figura 20: Gotejador de orifício.

Figura 21: Capacidade utilizável do solo. (Fonte: RAPOSO, J. R. (1996). – *A Rega dos Primitivos Regadios às Modernas Técnicas de Rega*. Edição da Fundação Calouste Gulbenkian; Lisboa)

Figura 22: Espelho de água do Taj Mahal.

Figura 23: Queda de água artificial.

Figura 24: Lago artificial do Alqueva.

Figura 25: Localização do *L'and Vineyards Wine Resort*.

Figura 26: Localização do centro de Montemor-o-Novo e do *resort L'and Vineyard*.

Figura 27: Curvas de Evapotranspiração e de Precipitação, para a situação de Montemor-o-Novo.

Figura 28: Velocidade do vento e a sua direção no ano de 2009. (Fonte: Arquivo Meteorológico Montemor-o-Novo. (Disponível em: <https://www.meteoblue.com/pt/>)

Figura 29: Velocidade do vento e a sua direção no ano de 2010. (Fonte: Arquivo Meteorológico Montemor-o-Novo. (Disponível em: <https://www.meteoblue.com/pt/>)

Figura 30: Velocidade do vento e a sua direção no ano de 2011. (Fonte: Arquivo Meteorológico Montemor-o-Novo. (Disponível em: <https://www.meteoblue.com/pt/>)

Figura 31: Velocidade do vento e a sua direção no ano de 2012. (Fonte: Arquivo Meteorológico Montemor-o-Novo. (Disponível em: <https://www.meteoblue.com/pt/>)

Figura 32: Diagrama das classes texturais do solo.

Figura 33: Água evaporada e transpirada. (Fonte: CORREIA, L. ; CABRITA, J. (2007) *Rega – Associação para a Valorização Agrícola em Produção Integrada*; A.V.A.P.I. – Associação para a Valorização Agrícola em Produção Integrada; Alcobaça)

Figura 34: Divisão da área total de estudo em sub-áreas (A1 a A8).

Figura 35: Localização da sub área A2.

Figura 36: Localização dos sistemas de rega.

Figura 37: Grupo hidropressor com 2 bombas.

Figura 38: Programador Rain Bird Série ESP-LX Modular. (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2008/2009)

Figura 39: Hidrociclone Odin série 5000. (Fonte: Catálogo Odis Irrigation Equipment Ltd, 2012)

Figura 40: Filtro de Areia Odin série 4000. (Fonte: Catálogo Odis Irrigation Equipment Ltd, 2012)

Figura 41: Filtro de malha Odin séries 3000. (Fonte: Catálogo Odis Irrigation Equipment Ltd, 2012)

Figura 42: Bomba Injectora Seko série PS1.

Figura 43: Representação gráfica do balanço hídrico do solo com rega, para a situação de Montemor-o-Novo. (valores em milímetros)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados do fabricante para o bico Rain Bird MPR-35 a 360°. (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2008/2009)

Tabela 2: Dados do fabricante para o bico Rain Bird MPR-35 a 90° e a 180°. (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2008/2009)

Tabela 3: Valores de C para a fórmula Hazen-Williams. (Fonte: JAMES, L. G. (1988) – *Principles of Farm Irrigation System Design*; John Wiley and Sons; New Jersey)

Tabela 4: Valores do coeficiente de Christiansen para 4 saídas.

Tabela 5: Valores do coeficiente de Christiansen para 5 saídas.

Tabela 6: Valores do Diâmetro do filtro em polegadas. (Fonte: BABUŠIK, M. (2010) – *Riego en 3 Pasos Guía Práctica*; Lotus Mallorca, S.L.; Sencelles)

Tabela 7: Valores de perda de carga na válvula Rain Bird PGA de 1 polegada. (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2008/2009)

Tabela 8: Eficiência de rega dos vários tipos de sistemas. (Fonte: RAPOSO, J. R. (1996). – *A Rega dos Primitivos Regadios às Modernas Técnicas de Rega*. Edição da Fundação Calouste Gulbenkian; Lisboa)

Tabela 9: Valores para o coeficiente de vegetação (KV). (Fonte: AFONSO, C. (2007). – *GardenISA – Uma Ferramenta de Apoio à Gestão da Rega de Espaços Verdes*; Lisboa)

Tabela 10: Valores para o coeficiente microclimático (KMC). (Fonte: AFONSO, C. (2007). – *GardenISA – Uma Ferramenta de Apoio à Gestão da Rega de Espaços Verdes*; Lisboa)

Tabela 11: Valores para o coeficiente de densidade (KD). (Fonte: AFONSO, C. (2007). – *GardenISA – Uma Ferramenta de Apoio à Gestão da Rega de Espaços Verdes*; Lisboa)

Tabela 12: Dotação por planta para climas moderados, com 27-32° de média de temperaturas máximas e humidade média a alta. (Fonte: MELBY, P. (1995) – *Simplified Irrigation Design*. Van Nostrand Reinhold: New York)

Tabela 13: Tempos de rega para sectores de aspersão.

Tabela 14: Características dos bicos 5000-MPR-25, MPR-30 e MPR-35. (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2008/2009)

Tabela 15: Características dos bicos Série 12-MPR e Série 15-MPR utilizados nos pulverizadores emergentes das séries 1800 e UNI-Spray. (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2008/2009)

Tabela 16: Tabela de prestações e comprimento máximo das linhas Serie Rain Bird Dripline. (Fonte: Catálogo Rain Bird, 2008/2009)

Tabela 17: Valores de perda de carga na válvula Rain Bird PGA de 1 polegada e 1^{1/2} polegadas.(Fonte: Catálogo Rain Bird, 2008/2009)

Tabela 18: Programação do tempo de rega diário para os sistemas de rega por aspersão, pulverização e gota-a-gota

Tabela 19: Programação dos dias de rega para os sistemas de rega por aspersão, pulverização e gota-a-gota

Tabela 20: Balanço hídrico do solo, com rega, para as condições de Montemor-o-Novo

Tabela 21: Número de regas em cada mês

Tabela 22: Custo de rega mensal

LISTA DE ÁBACOS E ORGANIGRAMAS

Ábacos 1: Perdas de carga em tubos de polietileno. (Fonte: Catálogo Técnico Plassim)

Ábacos 2: Diagrama para selecção das bombas CRE, CRIE e CRNE. (Fonte: Catálogo Técnico Grundfos)

Ábacos 3: Curvas características da bomba Grundfos CRE 10-5. (Fonte: Catálogo Técnico Grundfos)

Organigrama 1: Organigrama que demonstra a metodologia adoptada para a disposição e dimensionamento dos aspersores e gotejadores.

1. Introdução

A água é um elemento com uma grande importância na valorização e manutenção dos espaços verdes, não só através dos elementos de água, mas também através daquela que é fornecida através da rega. Porém, devido às preocupações relativas à escassez de recursos, é necessário projectar um sistema de rega funcional que consiga fornecer a água na quantidade necessária, no momento e tempo certos, da forma mais eficiente possível para minimizar eventual desperdício.

A rega processa-se através de um conjunto de factores que funcionam como um todo. Não se pode escolher um aspecto em particular a abordar, por isso neste trabalho procurou-se tratar de todos os componentes que permitem efetuar e gerir a rega num espaço verde.

Este é um assunto de elevada importância a ter em conta num novo projeto, pois a qualidade paisagística e a estética de um espaço verde vai depender e muito da sua manutenção, por conseguinte, em particular da rega. Esta aumenta a capacidade de carga dos espaços verdes, ou seja, aumenta a resistência das plantas ao desconforto e ao stress imposto pelos seus utentes (Silva, 2007).

Para além disso é fundamental fornecer humidade ao solo de uma forma mais ordenada e correta do que da forma caótica e irregular que o clima oferece (Hendrix; Straw, 1998).

1.1. Objectivos

O presente trabalho tem como objectivo central estudar e aprofundar os conhecimentos que se prendem com a metodologia geral utilizada em projectos e gestão de sistemas de rega em espaços verdes.

Como objectivos secundários aponta-se para:

- 1) dar a conhecer a evolução que se registou na utilização da água nos sistemas de rega;
- 2) salientar a importância da existência de uma rede de rega bem projectada e bem gerida;
- 3) demonstrar a validade da metodologia utilizada na concepção prática de sistemas de rega para as condições particulares de um espaço verde.

1.2. Conceitos Básicos

A água é associada normalmente ao seu estado líquido, mas consoante a temperatura pode ser encontrada no estado sólido (gelo) ou no estado gasoso (vapor de água).

No ciclo da água esta sofre evaporação e transpiração a partir do solo, dos espelhos de água e das plantas, passando ao estado gasoso e originando, em dadas condições, precipitação sobre o solo, uma parte escoando superficialmente até atingir o nível médio das águas do mar, sendo este o último passo, até se iniciar novo ciclo.

A água é essencial para toda a vida conhecida na terra. Esta funciona como reguladora de temperatura, assim como transportadora dos nutrientes necessários para a sobrevivência animal e vegetal. Pode-se assim dizer que a água é o bem mais precioso, acima da alimentação e da energia.

A sua importância foi reconhecida desde cedo. O Homem primitivo associava a água a um elemento sobrenatural devido às represálias sofridas em épocas de seca ou de chuvas intensas. Já para certos filósofos gregos, a água era um dos quatro elementos fundamentais pelos quais o mundo era constituído: o fogo, a água, o ar e a terra. Para o poeta romano Virgílio, a água estava na origem de tudo: da terra, do Homem e até dos Deuses.

Ao longo dos séculos o Homem foi aprendendo e desenvolvendo novos meios para dominar e transportar a água, resultando numa melhoria da qualidade de vida. Esta melhoria provocou o aumento da quantidade de água consumida diariamente. Este aumento deu-se de tal forma excessivo, que hoje a quantidade de água potencialmente útil consumida, é maior do que aquela que a Natureza consegue regenerar, correndo-se mesmo o risco de se tornar escassa.

Por sua vez, a maior parte de água potável, potencialmente útil, está muitas vezes presente em aquíferos de difícil acesso, sendo apenas com obras de grande carisma económico que se consegue alcançá-la. A quantidade de água potável de fácil acesso, como a que está presente em lagos e em cursos de água é muito reduzida comparada com a água total existente no planeta. A sua utilização deve ser por isso cuidada e com um cuidado crítico.

Quadro 1 – Distribuição da água no planeta, de acordo com a natureza da fonte e respectivas disponibilidades (Raposo, 1996)

Tipo de água	Natureza da fonte	Quantidade de água 10 ³ km ³	% Relativamente ao total	% Relativamente ao tipo de água	Totais aproximados 10 ³ km ³	% Relativamente ao total
SALGADA	Oceanos	1 300 000	97,247	99,992	1 300 000	97,255
	Lagos salgados e mares interiores	100	0,008	0,008		
DOCE	Calotes polares e “icebergs”	28 500	2,132	77,652	36 700	2,745
	Água da atmosfera	12	0,0008	0,033		
	Água biológica (animais e plantas)	1,13	0,0001	0,003		
	Lagos de água doce ¹	123	0,009	0,335		
	Cursos de água ¹	1,23	0,0001	0,003		
	Água do solo ¹	65	0,005	0,177		
	Água subterrânea ²	8 000	0,598	21,797		
TOTAL		–	100,000	–	1 337 000	100,000

A pequena porção de água doce existente, potencialmente útil, é utilizada pelo Homem sobretudo em quatro actividades essenciais, para a prevalência da espécie: na agricultura, na indústria, para fins domésticos e nos espaços verdes. A actividade em que mais se investe a água é na agricultura, sendo também nesta em que há maior desperdício. Os espaços verdes também são das zonas onde há maior uso e desperdício da água dentro das cidades, geralmente associado a uma rede mal planeada ou mal instalada. Sendo a presença destes espaços extremamente importante na melhoria da vertente ambiental das cidades e tendo em conta que a água é um bem cada vez mais sensível, é necessário criar opções de rega que vão ao encontro das necessidades das plantas e que utilizem a água da forma mais eficiente possível.

1.3. Estrutura da Tese

Para poder atingir os objectivos acima descritos, foi necessário estruturar o trabalho em sete capítulos.

No primeiro capítulo, apresenta-se uma curta introdução e definem-se os conceitos básicos. Após esta contextualização, segue-se a evolução do percurso da gestão da água em rega, a importância da água para os espaços verdes e os objectivos de um plano de gestão de rega. Nesta linha de raciocínio, faz-se uma apresentação do local escolhido para adaptar a metodologia, procedendo à sua localização, ao seu clima, ao seu tipo de solo, ao seu relevo e aos recursos hídricos subterrâneos.

Já no quarto capítulo, definem-se as metodologias utilizadas nos projectos de rega de espaços verdes.

No quinto capítulo, é apresentada a proposta de desenvolvimento do projecto de rega.

A gestão e programação dos sistemas de rega preconizados insere-se no sexto capítulo.

No sétimo capítulo, apresenta-se as conclusões do estudo realizado.

Por último será exposta a respectiva bibliografia e os anexos.

2. Estado da Arte em Rega de Espaços Verdes

2.1. A Evolução da Gestão da Água

A alteração climática que se deu por volta do ano 10 000 a. C. provocou a passagem da fase do Homem Caçador-Recolector, para a fase do Homem Sedentário. A redução da precipitação levou à diminuição dos mantimentos disponíveis para a recolha, obrigando o Homem a adaptar-se e a olhar para a agricultura.

Esta actividade começou em seis ou sete partes distintas do mundo, destacando-se entre elas três por terem a maior relevância (Raposo, 1994; Raposo, 1996):

O **Crescimento Fértil** no Médio Oriente é de longe a zona onde o desenvolvimento agrícola tem maior interesse, não apenas por ser o local pioneiro desta actividade, onde a agricultura começou a ser praticada por volta do ano de 8000 a. C., mas também por ser onde a agricultura mais hectares ocupou e mais se difundiu no território. Esta zona engloba países como o Egipto, o Irão, Israel, a Jordânia, o Líbano, a Síria, o sul da Turquia e o Iraque;

No **Vale do Tehuacan** no Planalto do México, a actividade agrícola nesta zona apenas teve começo por volta do ano de 6000 a. C. através dos índios que aí habitavam;

No **Vale do rio Amarelo** na China, a agricultura teve início mais tarde do que nas outras duas zonas. Esta deu início à agricultura por volta do ano de 4500 a. C. .

O nascimento da agricultura provocou a inevitável emergência da rega. Desde pelo menos 5500 a. C. o Homem pratica a rega. Esta actividade era utilizada pelas civilizações mais antigas, denominadas como as civilizações hidráulicas. O seu nome é devido a estas civilizações aproveitarem a subida de nível de grandes rios para a fertilização da terra, como foi o caso das civilizações suméria, babilónica e assíria na Mesopotâmia, a egípcia no Vale do Nilo, as harappa e mohenjo-daro na bacia do Indo e a chinesa no Vale do rio Amarelo.

Só mais tarde é que o Homem começou a tirar partido das cheias a longo prazo, partindo para construções mais exigentes de mão-de-obra como canais, diques e tanques. Foi o caso da civilização dos Nabateus com a agricultura de escoamento, dos “*qanats*” da civilização Persa, dos tanques dos Cingaleses, dos “*chinampas*” dos Astecas e dos canais dos Egípcios.



Figura 1 – Ilustração de *Chinampas* utilizadas pelos Astecas.

A rega difundiu-se lentamente por todo o globo. Este atraso nas regiões húmidas, deve-se à diminuída necessidade de rega apresentada pelas plantas. Desta forma, houve uma tardia compreensão dos benefícios das regas de complemento (Raposo, 1996).

A necessidade frequente de rega levou à evolução, embora de forma lenta, dos sistemas de rega. Sendo assim, foi só nos fins do século XIX , que se atingiu o sucesso numa rede por aspersão em grande escala.

Existem 2 tipos de rega utilizados pelo Homem para manutenção das culturas. A rega por gravidade e a rega à pressão (ou sob pressão).

Quadro 2 – Classificação dos métodos de rega (Raposo, 1996)

MÉTODOS	PROCESSOS		
Esgorrimento	Regadeiras de nível		Rega por gravidade
	Regadeiras inclinadas		
	Planos inclinados		
	Cavaletes		
	Faixas		
Submersão	Canteiros		Rega à pressão
	Caldeiras		
Infiltração	Sulcos		
	Rega subterrânea		
	Rega Localizada	Gota-a-gota	
		Miniaspersão	
Rega por aspersão			

Apesar da rega por gravidade ser ainda muito utilizada nos dias de hoje a rega em espaços verdes é feita quase que exclusivamente com o auxílio da rega à pressão ou sob pressão. Estes sistemas de rega são compostos por um grupo electrobomba, tubagens, emissores e elementos de controlo e segurança. As diferenças no caudal, pressão e emissores de saída da água, definem a diferença entre os distintos processos de rega sob pressão, sendo elas, a aspersão, a rega localizada e a rega subterrânea.

No que diz respeito à aspersão, embora o Homem a pratique há vários séculos, foi sempre através de processos pouco evoluídos onde havia uma eficiência de aplicação muito baixa. Apenas em 1897 apareceu a primeira montagem de grandes dimensões, que atingiu algum sucesso (Raposo, 1996).

Só no início do século XX este tipo de rega sofre um importante desenvolvimento, através da concepção do aspersor rotativo, que ajudou na sua expansão global.

Os aspersores rotativos apareceram pela primeira vez em 1914, na Califórnia. No caso da Europa, começaram a ser utilizados apenas em 1922, enquanto que em Portugal, os aspersores rotativos foram introduzidos só no ano de 1954 (Raposo, 1996).

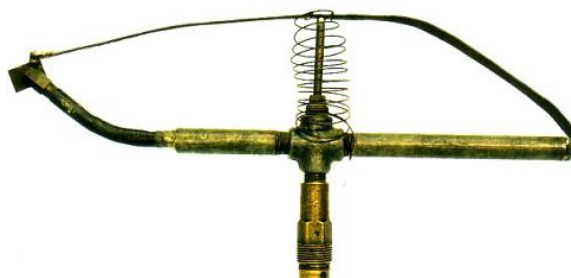


Figura 2 - 1ª aspersor de impacto, invenção de Orton Englehart, produtor de citrinos do Sul da Califórnia, em 1933

Na década de 30 do século passado, surgiram os aspersores de impacto e os tubos em aço leve. Mais tarde nos anos cinquenta, registou-se um melhoramento nos sistemas de bombagem, foram desenvolvidos novos aspersores e introduzidos tubos de alumínio. Desde essa data a aplicação da rega por aspersão generalizou-se tanto na agricultura como nos espaços verdes (Pereira, 2004).

Nestes sistemas de rega, a água é lançada sobre o terreno na forma de pequenas gotículas de água, simulando a precipitação natural. Para este sistema funcionar corretamente, e para que não haja diferenças no fornecimento de água em toda a área regada é fundamental que haja uma sobreposição próxima de 100 %.

Desta forma, garante-se uma elevada uniformidade de distribuição de água, proporcionando uma rega sem falhas e com uma potencial optimização.

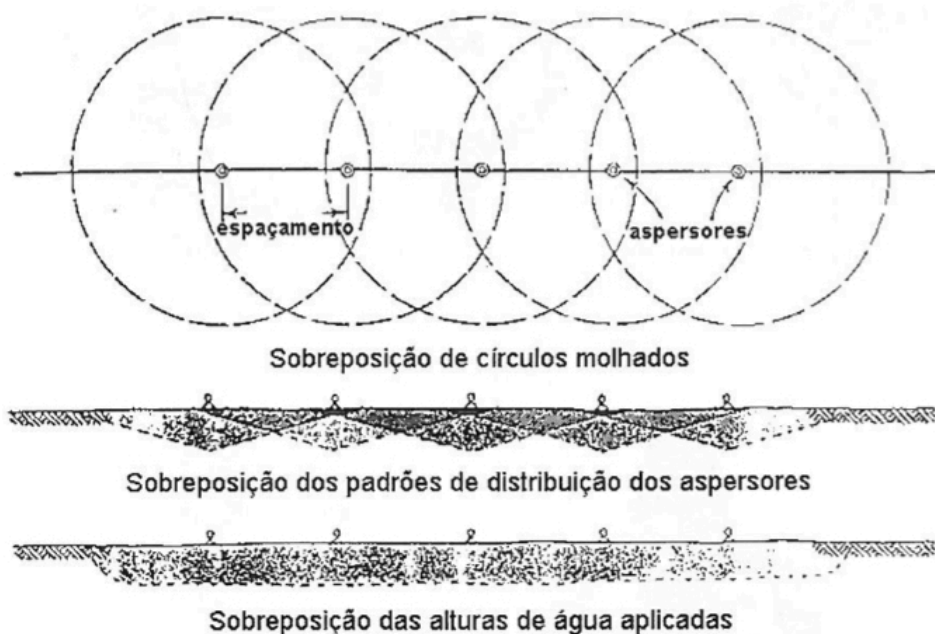


Figura 3 – Padrão de distribuição da água no solo mediante uma boa sobreposição dos aspersores (Pereira, 2004)

Este sistema, relativamente à sua constituição, não apresenta diferenças significativas comparativamente a outros sistemas sob pressão.

As instalações de rega por aspersão são, em geral, constituídas por estação de bombagem, fertilizadores, filtros, tubagens, emissores (aspersores), eventuais dispositivos de controlo, regulação e segurança, e acessórios diversos (ligações, curvas, reduções, tampões, etc.).

A bomba é o elemento responsável pelo transporte da água de um lago, tanque ou qualquer outra fonte, para o sistema de rega. Quando a água provém de uma ligação à rede municipal e a pressão não é suficiente, também se justifica a sua utilização. Esta permite uma distribuição adequada da água e da pressão por todo o sistema.

A sua escolha passa, antes de mais, por uma clara definição das necessidades e objectivos da infra-estrutura onde irá ser instalada e requer algum critério para respeitar a relação pressão/caudal, imprescindível para uma rega bem efectuada.

A melhor solução é aquela que no seu conjunto, apresenta o menor custo do ciclo de vida no espaço de tempo definido como horizonte do projecto (Aleixo, 2003).



Figura 4 – Bomba Centrífuga

Sempre que possível é benéfico o uso de duas bombas. Esta associação é uma solução bastante usual que permite alguma flexibilidade de adaptação das características de funcionamento do sistema, às necessidades reais de consumo. Esta opção tem ainda o benefício de não incapacitar o sistema quando uma das bombas está avariada ou em manutenção (Aleixo, 2003).

A bomba funciona propulsada por um motor, que pode ser a diesel ou eléctrico. Sempre que possível deve-se optar por um eléctrico, cujos custos serão inferiores, quer os iniciais quer os de manutenção, para além de proporcionar uma mais fácil e eficaz automatização.



Figura 5 – Motor eléctrico para acoplamento directo a uma bomba

Para injectar a solução de nutrientes no sistema de rega é necessário uma unidade de fertilização. Esta é composta normalmente por um tanque para preparação da “solução mãe”, uma válvula de retenção que impeça o recuo dos fertilizantes e um equipamento de injeção das soluções (adubador). O sistema de fertirrega encontra-se normalmente instalado no cabeçal de rega ou em distintos sectores do sistema de rega. Estes equipamentos além de permitirem distribuir de forma uniforme os nutrientes que as plantas necessitam, tornam possível a aplicação de fungicidas, herbicidas, ácidos para limpeza do sistema, etc. (Rosa, 2009).

Há a considerar essencialmente 3 tipos de adubadores:

Tanques de fertilização

São constituídos por um depósito hermeticamente fechado, que pode ser metálico, de plástico, ou em fibra de vidro. Instala-se junto da tubagem principal através de uma ligação em paralelo (“*by-pass*”). Estes adubadores são fáceis de usar mas pouco rigorosos uma vez que a quantidade de adubo vai diminuindo ao longo da rega (Rosa, 2009).

Adubadores Venturi

Estes adubadores utilizam o princípio de *Venturi*. A água entra num tubo devidamente concebido (figura 6) com um estreitamento seguido de um alargamento suave, o que provoca uma sucção no ponto de transição, que é ligado ao depósito com fertilizante. Estes equipamentos são de custo relativamente baixo e não precisam de energia eléctrica para o seu funcionamento, o seu único inconveniente é que causa perdas de carga muito elevadas (Rosa, 2009).

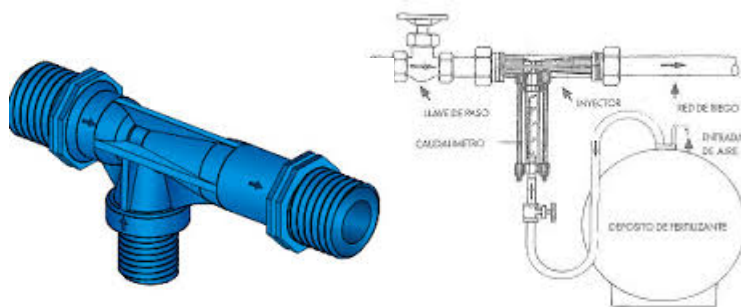


Figura 6 – Injetor de fertilizantes *Venturi* e esquema de instalação do mesmo

Bombas injectoras ou dosificadoras

Estes adubadores são bombas injectoras que permitem regular com exatidão o caudal da solução injetada na tubagem principal. Estes injectores não trazem depósito logo é possível utilizar qualquer tipo, desde que este apresente resistência à corrosão provocada pelos produtos e consiga armazenar o volume necessário de solução.

As bombas injectoras dividem-se em dois tipos: as que funcionam através de pequenos motores eléctricos que permitem injectar um caudal de solução a débito constante (que é independente do caudal de rega) e as que utilizam a pressão da água de rega (funcionamento hidráulico), que injectam a solução proporcionalmente ao caudal de rega. Neste caso é injetada a mesma concentração de adubo independentemente da variação de caudal ou pressão na rede de rega. Os injectores hidráulicos apresentam as vantagens de poderem funcionar num local sem energia eléctrica para além de apresentarem perdas de carga muito reduzidas. Porém, estes equipamentos necessitam de expulsar uma pequena parte de água que se perde, molhando a zona ao redor do equipamento (Rosa, 2009).

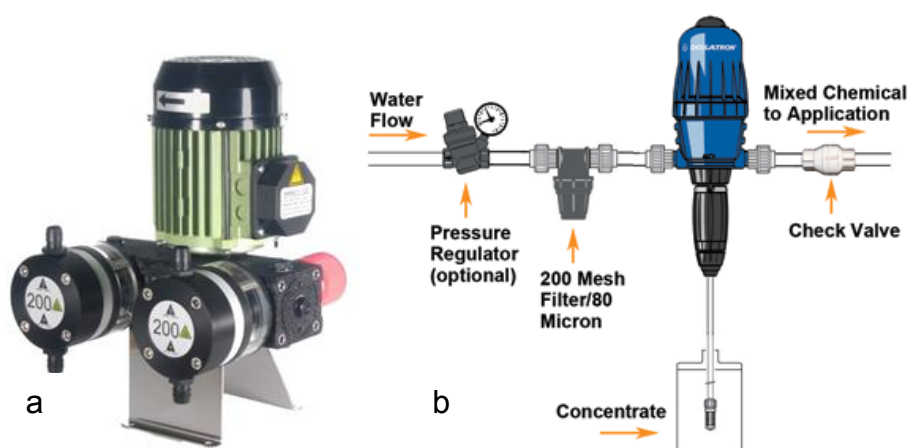


Figura 7 – Bombas injectoras de fertilizantes: a) com motor eléctrico e débito constante e b) de funcionamento hidráulico e injeção proporcional.

As tubagens vão conduzir a água desde a bomba até aos emissores, encontrando-se normalmente enterradas em espaços verdes. Os materiais mais utilizados para efectuar a rega são o Policloreto de Vinil (PVC) e o Polietileno (PE). Entre estes dois materiais o PVC é mais utilizado na agricultura enquanto o PE nos espaços verdes. Isto porque este material apresenta uma boa resistência à radiação solar, aos fertilizantes, ao frio e aos golpes de aríete. Por outro lado, o PE apresenta os inconvenientes do peso e da média condutividade hidráulica (Cudell, 2000).

Os aspersores são o que caracteriza o sistema de rega. São estes que fazem todo o trabalho fundamental de distribuir a água uniformemente ao solo.

Existem dois tipos principais de aspersores:

Aspersores estáticos ou pulverizadores: são compostos por duas partes fornecidas separadamente, o corpo e a cabeça. Sendo a cabeça o que define os parâmetros de rega como sejam o caudal emitido e o alcance atingido. Existem vários tipos de cabeças, cada uma com as suas características (Melby, 1995).

Apresentam uma pluviometria elevada, o que lhes permite uma boa adaptação a solos muito permeáveis.

Existe menos desgaste devido a haver menos peças activas.

Em termos de custos iniciais, estes são consideravelmente mais baratos do que os aspersores rotativos (Hendrix; Straw, 1998);

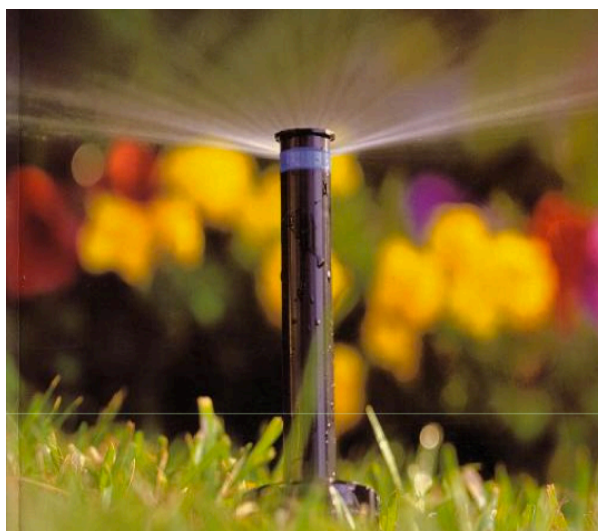


Figura 8 – Aspersor estático ou pulverizador

- 1) **Aspersores rotativos:** este tipo de aspersor apresenta uma pluviometria baixa a média e o seu uso é recomendado em solos pouco permeáveis e terrenos com ligeiro declive. O seu alcance é significativamente maior que o alcance dos aspersores estáticos (Melby, 1995).

Apesar de existirem vários tipos de aspersores rotativos, referem-se apenas os que são considerados mais relevantes para a rega de espaços verdes.

Há a considerar basicamente dois tipos:

2.1) **Aspersores rotativos de impacto ou batente**: Apresentam alcances entre os 6 e os 30 metros. O batente faz girar lentamente o aspersor com a ajuda da força provocada pela intercepção da água sobre um deflector (Melby, 1995).

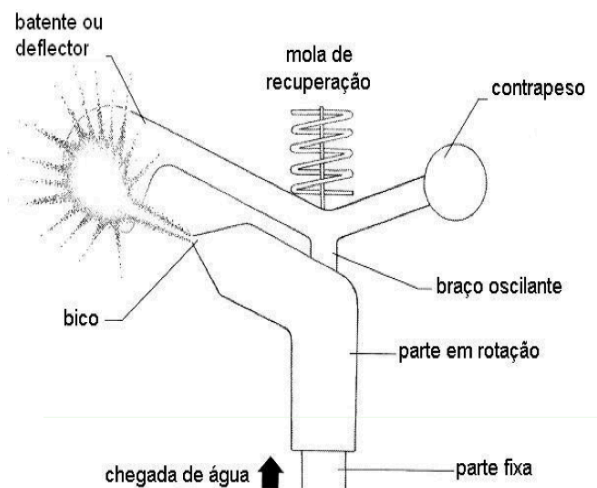


Figura 9 – Aspersor rotativo de batente

2.2) **Aspersores rotativos de turbina**: a água ativa uma série de engrenagens no corpo do aspersor que permite a rotação da cabeça de forma lenta e silenciosa (Melby, 1995).



Figura 10 – Aspersor de turbina e pormenor das engrenagens que permitem o movimento lento da cabeça

A rega de espaços verdes evoluiu de sistemas accionados de forma manual, para sistemas totalmente automáticos. Existem dois tipos de sistemas automáticos: o eléctrico e o hidráulico, sendo o primeiro o mais utilizado.

Os sistemas eléctricos podem variar desde sistemas eléctricos básicos a sistemas altamente sofisticados, computadorizados ou controlados via rádio, normalmente ligados a uma estação meteorológica. Estes sistemas requerem um grupo electro-bomba, aspersores e electroválvulas (Pira, 1997).

As electroválvulas funcionam devido à actuação de um solenóide. Este está ligado a um programador através de cablagem. Quando o programador descarrega uma dada tensão eléctrica (em geral 12 V) para a válvula, esta abre e permite a rega. Quando esta corrente eléctrica é interrompida a válvula fecha-se, cessando a rega.



Figura 11 – Electroválvula com solenóide na parte superior

Um programador é um equipamento que permite gerir diferentes estações do sistema assim como controlar a bombagem, filtragem e a injeção de fertilizantes. Os programadores estão divididos em 3 tipos:

- 1) **Programadores de baixa capacidade:** este equipamento possibilita a programação até 16 estações. Pode controlar até uma bomba e a sua programação só pode ser semanal ou quinzenal;
- 2) **Programadores de média capacidade:** este equipamento permite controlar até 32 estações, 1 bomba, realizar a gestão da fertirrega e ligar-se a várias sondas digitais. A programação da rega faz-se por tempo ou volume de água;
- 3) **Programadores de alta capacidade:** este equipamento pode controlar mais que uma bomba, pode-se ligar a um computador, efectuar a gestão da fertirrega e ligar-se a um elevado número de sondas externas.



Figura 12 – Programador de baixa capacidade

A aspersão apresenta (como todos os sistemas de rega) as suas vantagens, assim como os seus inconvenientes:

A utilização deste sistema, não só permite regular com exactidão a quantidade de água fornecida ao terreno, como distribui de forma uniformizada e regulada a água pela zona a regar. Para além de ser útil nas regas de humedecimento, é também benéfica nas regas de protecção, na fertirrega mineral e orgânica, assim como nos tratamentos fitossanitários (Raposo, 1996).

Contudo, devido ao gasto energético, a longo prazo este sistema é pouco económico e de custo inicial elevado.

A sua incapacidade perante ventos fortes, condiciona a sua utilização, devendo nestas situações, a rega ser feita apenas nas primeiras e nas últimas horas do dia.

Há também que ter em conta a susceptibilidade ao aparecimento de certas doenças, não esquecendo que, em casos de aplicação de água com elevado teor salino, surgem problemas como o entupimento de tubagens (Raposo, 1996).

Apesar destes inconvenientes, a aspersão demonstra-se bastante vantajosa devido à sua multifuncionalidade, sendo inclusive dos sistema de rega mais utilizados nos espaços verdes.

Um outro sistema de rega que está a ter maior progressão, evolução e utilização nas ultimas décadas, é a rega localizada. Isto deve-se a este tipo de rega apresentar uma elevada eficiência de aplicação para um reduzido gasto de energia. Tal apresenta-se como uma grande vantagem para os países mais áridos, por permitir uma melhor utilização da água disponível.

A primeira instalação de rega localizada a funcionar de forma satisfatória, aconteceu por volta de 1948 em Inglaterra, na produção de tomate (Raposo, 1994). Mais tarde houve a aplicação em estufas e jardins, aparecendo os primeiros gotejadores de nível industrial no mercado. No entanto, o desenvolvimento que permitiu a expansão global do sistema gota a gota aconteceu em Israel na década de 60. A possibilidade de utilizar materiais em plástico, permitiu reduzir em muito o custo económico. Desde essa década a utilização veio a aumentar de ano para ano, com tendência a crescer ainda mais, principalmente nos países áridos e com escassez de água (Raposo, 1994).

Existem duas modalidades de rega localizada mais utilizadas nos espaços verdes, distinguidos pelos seus emissores:

- 1) **Miniaspersão**: consiste na distribuição da água ao solo da mesma forma que a aspersão, embora com alcances inferiores.

Nesta modalidade a água é fornecida a pequenas superfícies do terreno (circulares ou sectores circulares), por intermédio de pequenos aspersores, denominados miniaspersores (microaspersores, *minidifuseurs*, *microjets*, *micro-sprinklers*, etc.) (Raposo, 1996).

Os miniaspersores funcionam a uma pressão entre 1 e 2 bar, distribuem um caudal entre 20 e 150 l/h,

podem ser estáticos ou rotativos e chegam a atingir os 5 metros de alcance.



Figura 13 – Microaspersor estático

- 2) **Rega gota-a-gota**: nesta modalidade a água é fornecida a pontos do terreno (geralmente à superfície deste), a partir dos quais se difunde até uma certa profundidade, humedecendo apenas a zona onde se desenvolvem as raízes, reduzindo assim as perdas por evaporação. Para o efeito utilizam-se dispositivos fornecendo caudais de 2 a 12 l/h cada um, que se designam por gotejadores, muito

embora só se verifique uma verdadeira gota-a-gota para os caudais menores (Raposo, 1996).

Apesar de se poder adaptar a qualquer tipo de cultura, é utilizada especialmente em culturas especializadas, ou no caso dos espaços verdes, em zonas com aglomerados de herbáceas



Figura 14 – Tubagem com gotejadores inseridos em linha

Este sistema consiste numa rega sob pressão, aplicada por forma a beneficiar diretamente a zona das raízes, onde a planta irá tirar maior proveito. A rega localizada, ou micro-rega, é o sistema de rega em que se humedece apenas uma parte do solo, que logicamente deve corresponder à zona ocupada pelas raízes das plantas beneficiadas (Raposo, 1994).

Estes dois tipos de rega não diferem muito da aspersão em termos de composição, pois utiliza os mesmos componentes como as tubagens, assim como o grupo responsável pela bombagem, embora exija obrigatoriamente um apurado sistema de filtragem.

Apesar da filtragem ser comum nestes dois processos de rega, é na rega localizada, mais especificamente na gota-a-gota, que se presencia mais casos de entupimentos (Mendes & Nunes, 2005).

Estes entupimentos têm origem em (Mendes & Nunes, 2005):

- 1) **Partículas orgânicas** que podem se classificadas em dois grupos:
 - Sem capacidade para proliferação, ou seja, os detritos de origem vegetal ou animal (restos de vegetais ou animais mortos em suspensão) cujo tratamento de filtração é semelhante ao das partículas minerais;
 - Com capacidade de proliferação, que compreendem os organismos presentes na água (pequenos insectos, algas, bactérias) que inicialmente não têm capacidade

obstrutiva mas devido ao seu desenvolvimento ou multiplicação no interior do sistema, podem adquiri-la.

- 2) **Partículas Minerais**, tais como argila, limo ou areia, que são transportadas em suspensão pela água, ou que podem entrar no sistema por intermédio de uma rotura ou pelos emissores em condições de pressão negativa;
- 3) **Precipitados Químicos** que se formam no interior do sistema de rega a partir de substâncias dissolvidas na água de rega, muitas vezes incorporadas na solução de fertilização.

Estas substâncias são responsáveis pela maior parte dos problemas relacionados com o entupimento. Efectivamente, alguns gotejadores, especialmente os com orifícios de saída muito reduzidos, têm tendência a entupirem-se com os detritos, impurezas, algas, precipitados, etc. Este inconveniente é, em grande parte, evitado com uma adequada filtração da água ou com tratamentos preventivos ou de limpeza das instalações. São, porém, frequentes os casos em que estas operações não são suficientes para resolver devidamente o problema, o que pode limitar bastante a longevidade das instalações (Raposo 1994).

O maior ou menor risco de entupimento deve-se, sobretudo, aos sólidos em suspensão, sais dissolvidos, pH e temperatura. Para evitar os entupimentos podem-se utilizar dois tipos de procedimentos (Mendes & Nunes, 2005):

- 1) **Preventivo** – que consiste em evitar entupimentos através da filtragem ou do tratamento químico da água;
- 2) **Curativo** – que quando se verifica o entupimento dos equipamentos, dever-se-á recorrer à sua desobstrução através de ar ou água a elevadas pressões, e/ou através de aplicação de soluções químicas na água de rega.

Existem vários tipos de filtros, todos com a mesma finalidade. Porém, neste trabalho apenas serão referidos três tipos de equipamento de filtragem, sendo eles complementares e geralmente os mais utilizados em espaços verdes, o hidrociclone, o filtro de areia e o filtro de malha ou de disco.

Quando existe areia na água de origem, deve-se usar um **desarenador ou hidrociclone**. Este tipo de equipamento permite a separação das partículas inorgânicas em suspensão com densidade superior à da água e instala-se a seguir à bomba e antes do filtro de areia ou

de malha. É constituído por um corpo de forma cônica, onde a água entra tangencialmente pela parte superior mais larga, o que provoca um movimento de rotação descendente da água – vórtice principal – na periferia do recipiente. As partículas sólidas em suspensão são projetadas contra as paredes do reservatório e caem por gravidade para um depósito de sedimentos colocado na parte inferior. A água limpa sobe em movimento rotacional ascendente pelo centro do recipiente – vórtice secundário – e sai por um tubo situado na parte superior. A limpeza do depósito de sedimentos deve-se efetuar antes de encher totalmente, de forma a evitar comprometer a eficácia do sistema. Pode ser feito de forma manual ou através de uma válvula hidráulica programada por tempo (Mendes & Nunes, 2005).

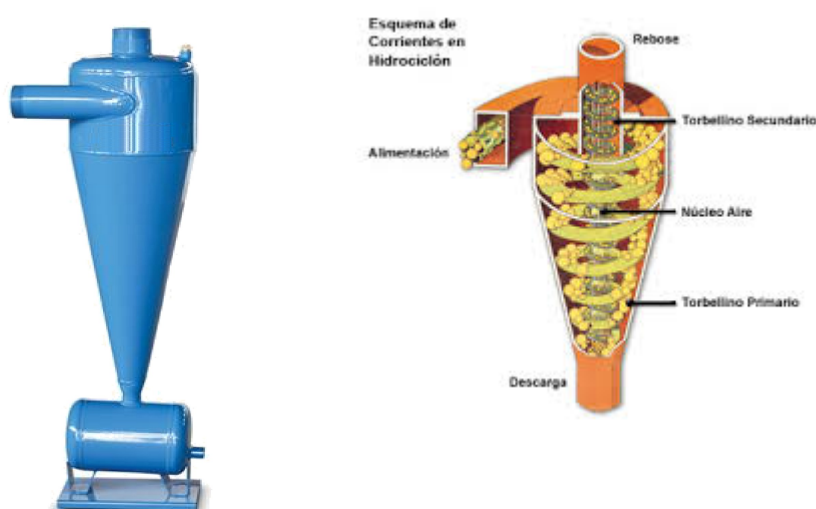


Figura 15 – Filtro desarenador ou hidrociclone

Já os **filtros de areia** são instalados depois do grupo responsável pela bombagem e do hidrociclone. São responsáveis por eliminar os detritos como as matérias orgânicas e as algas. São formados por um depósito cilíndrico, geralmente de aço inoxidável, funcionando sobre pressão, tendo dentro uma camada de gravilha e outra de areia, com granulometrias apropriadas para a quantidade e qualidade das impurezas transportadas pelas águas utilizadas (Raposo, 1996). O grau de filtração depende da granulometria da areia utilizada e a sua eficiência depende das características da camada filtrante. Estima-se que um filtro de areia apenas retém as partículas cujo tamanho é superior à décima parte do diâmetro efectivo da areia (Mendes & Nunes, 2005).

A limpeza dos filtros faz-se normalmente por intermédio de um inversor, ou seja, de um dispositivo de funcionamento manual ou automático, que permite inverter o sentido do fluxo da água e eliminar as sujidades por uma saída especial (Raposo, 1996).



Figura 16 – Bateria de filtros de areia

Os **filtros de malha** destinam-se a complementar a acção dos filtros de areia, eliminando as impurezas mais pequenas, inclusive as originadas pela fertirrega. Por isso se instalam a seguir aos fertilizadores. São formados por um reservatório cilíndrico metálico, com um ou dois elementos filtrantes, constituídos por um cilindro de malha metálica ou de nylon, com orifícios de diâmetro inferior às dimensões das saídas dos emissores empregados. A filtração ocorre com a passagem de água de fora para dentro do cilindro ou vice-versa, consoante o modelo do filtro (Mendes & Nunes, 2005). A limpeza destes filtros faz-se também à custa da inversão do fluxo da água, de modo análogo ao que sucede com os filtros de areia (Raposo, 1996).



Figura 17 – Filtros de malha (esquerda) e de disco (direita)

Quando estão limpos, ambos os filtros apresentam perdas de carga entre 1 a 2 metros. Quando sujos a perda de carga varia de 4 a 6 metros. Convém que a limpeza se faça quando ocorrem os 3 metros de perda de carga.

Na instalação do cabeçal de filtragem é necessário ter alguns aspectos em consideração (Mendes & Nunes, 2005):

- Em qualquer filtro é necessário serem colocados manómetros a montante e a jusante, para se poder calcular a perda de carga provocada;
- A instalação deve ser feita de forma a facilitar o seu acesso, para assim se poder proceder às operações de limpeza manual ou de manutenção (substituição da gravilha em filtros de areia).

Os gotejadores são os emissores da rega gota-a-gota, devendo estes apresentar um reduzido caudal emitido, serem resistentes, duradouros e de baixo custo.

Existem vários tipos de gotejadores:

- 1) **De labirinto:** em que a perda de carga ocorre devido ao longo percurso que a água tem a percorrer, ocasionando um escoamento laminar à saída;

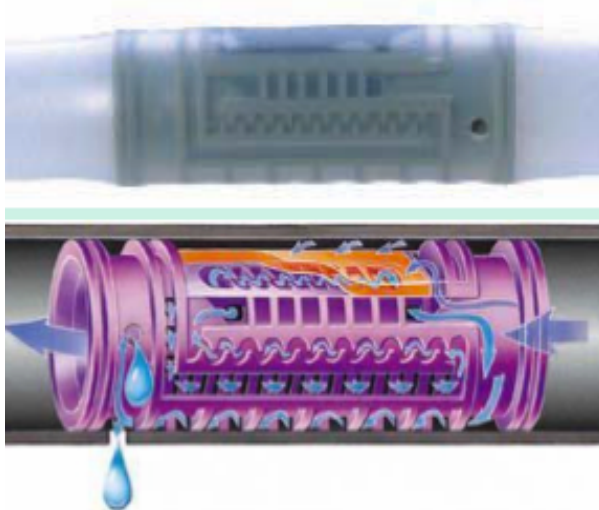


Figura 18 – Gotejador de labirinto

- 2) **De percurso longo:** em que a perda de carga é provocada pelo diâmetro reduzido do microtubo e pelo seu comprimento. Neste caso, o risco de entupimento é elevado devido ao longo percurso que a água tem de percorrer;

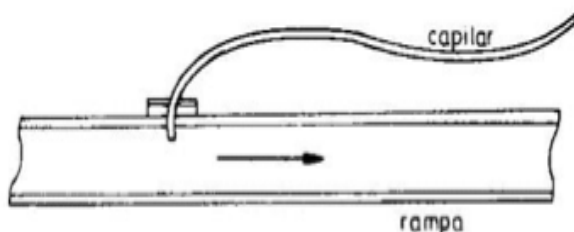


Figura 19 – Gotejador de percurso longo (Raposo, 1996)

- 3) **De orifício**: igualmente muito propensos a entupimentos devido à perda de carga ser criada pela passagem da água por um orifício com diâmetro de cerca de 0,5 mm;

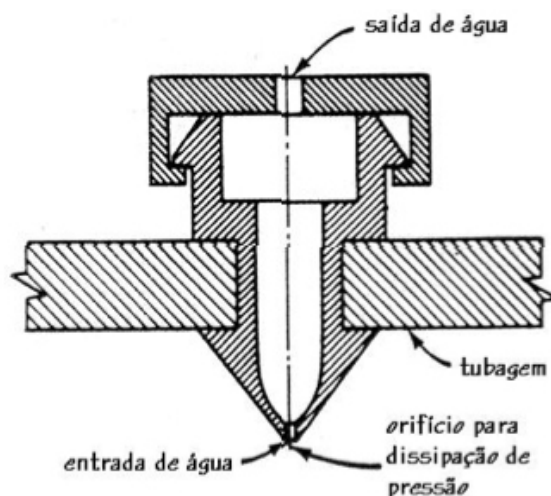


Figura 20 – Gotejador de orifício

Em relação à variação do caudal emitido os gotejadores podem ser (Raposo, 1994):

- 1) **Fixos**: em que o caudal é fixo para uma dada pressão;
- 2) **Reguláveis**: em que o caudal pode ser regulado manualmente;
- 3) **Autoreguláveis**: nestes o caudal é regulado automaticamente por uma membrana que permite o fornecimento de um caudal praticamente constante, independentemente das variações de pressão.

O seu funcionamento baseia-se, em regra, no princípio da diminuição da secção de passagem da água quando a pressão aumenta, o que geralmente se consegue à custa de uma membrana maleável ou de peças móveis apropriadas (Raposo, 1994).

Relativamente às **vantagens** deste sistema, destaca-se a economia de água, devido à redução de quantidade perdida por evaporação do solo. A eficiência de aplicação que pode atingir valores superiores a 90 % (o que supera os 70-80 % de eficiência da aspersão) e ainda permite a fertirrega mineral. Para além disso apresenta uma boa adaptação a qualquer tipo de terreno, desde o arenoso ao argiloso, além de permitir a utilização de águas com elevado teor salino. Há ainda que ter em conta que este tipo de instalação é bastante económico, relativamente à mão-de-obra, aos gastos de água e de energia. Isto deve-se ao facto do seu grau de automatismo poder ser total, para além deste sistema necessitar de caudais e pressões mais reduzidos do que os da aspersão.

Por outro lado, tal como a aspersão, este sistema de rega tem como **inconveniente** ser de elevado custo no investimento inicial.

É propício a entupimentos devido ao diâmetro dos emissores ser muito reduzido, assim como, as plantações não tiram total proveito do solo, devido às raízes apenas se desenvolverem no local onde a água é aplicada, ou seja, absorvendo apenas os nutrientes presentes nessa zona (Raposo, 1996).

Conclui-se que apesar de alguns inconvenientes, a rega localizada, comparativamente à aspersão, apresenta maiores benefícios económicos a longo prazo, tendo a sua utilização aumentado nos últimos anos.

2.2. A Importância da Água em Espaços Verdes

Os espaços verdes desempenham um papel muito importante no crescimento sustentável das cidades. Estes oferecem uma continuidade ecológica e cultural na malha urbana, que resulta num melhoramento de carácter ambiental. Para a manutenção e preservação desses espaços, a água é imprescindível. É um elemento bastante importante nos espaços verdes, desempenha um papel vital na preservação destes, uma vez que tal como o ser humano, também as plantas necessitam de água para sobreviver. Já os romanos regavam também com o maior cuidado os pequenos jardins com que embelezavam as suas vilas urbanas (Raposo, 1994).

Devido ao decréscimo na quantidade de água potencialmente útil desde essa época, é necessário que, quer seja em jardins ou em qualquer outro espaço verde, exista um fornecimento racional de água.

O fornecimento é feito diretamente ao solo, e este funciona como um depósito de água para as plantas utilizarem e assim sobreviverem. É de evitar que o teor de água presente no solo atinja o coeficiente de emurchecimento, já que provoca danos irreversíveis, podendo mesmo levar à morte das plantas. Em casos em que as condições climáticas prejudiquem o desenvolvimento das plantas é necessário adoptar um sistema de rega adequado. Caso contrário, a diminuição gradual da água levará as plantas ao estado de “stress hídrico” (Fig. 21).

Da mesma forma, a água fornecida ao solo também não deve ultrapassar a capacidade de campo, pois isto irá beneficiar tanto a perda de água por escoamento superficial, assim como a evitável erosão.



Figura 22 – Espelho de água do Taj Mahal

- 2) **Quedas de água** - estes elementos para além de contribuírem para a estética também contribuem para o arrefecimento devido às pequenas gotículas de água transportadas pelo ar. O barulho da queda de água está também geralmente associado ao relaxamento (Fig. 23);

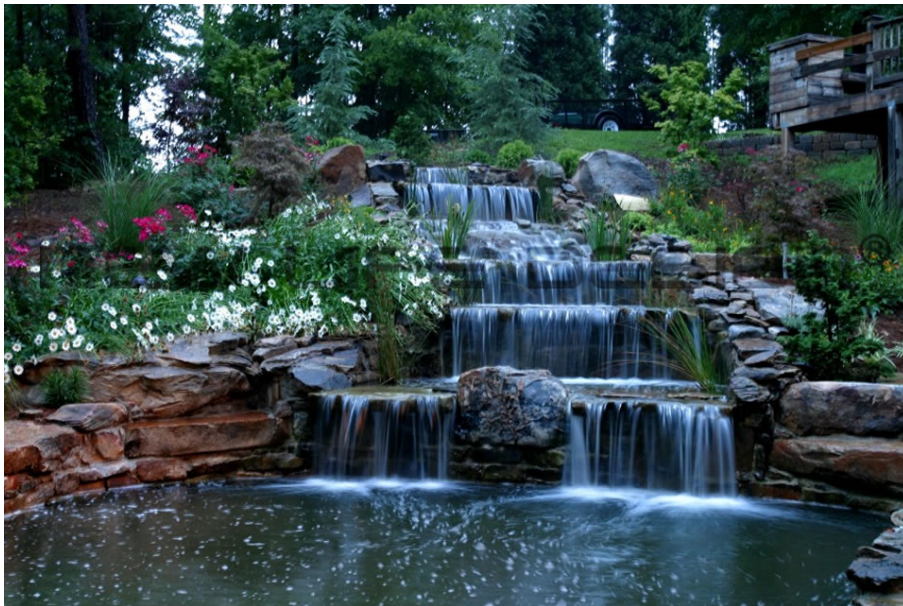


Figura 23 – Queda de água artificial

- 3) **Lagos** - estes elementos em espaços verdes são normalmente artificiais e têm como objectivo o armazenamento de água. Também podem ser concebidos para a criação de peixes ou outros organismos aquáticos ou anfíbios. O maior lago artificial da Europa situa-se em Portugal, no Alqueva (Fig. 24);



Figura 24 – Lago artificial do Alqueva

2.3. Os objectivos de um Plano de Gestão de Rega

Só em zonas muito carenciadas de água se deve aplicar água em défice às plantas, ou seja, a aplicação de rega deficitária. Faz-se o estudo prévio para perceber em que altura a planta é menos sensível ao stress hídrico, para aí reduzir a quantidade de água de rega. Porém este método apenas se deve utilizar em condições excepcionais pois isto afecta as plantas de forma negativa, como descrito anteriormente. Estas não conseguem absorver os nutrientes do solo quando há deficiência de água devido à pressão osmótica que se faz sentir nessas condições.

Da mesma forma, não se deve aplicar água em excesso num espaço verde, pois isso iria favorecer o escoamento superficial, a percolação profunda, a lavagem de nutrientes, a erosão, o encharcamento e, conseqüentemente, poder provocar danos irreversíveis nas plantas, devido à asfixia radicular.

Os objectivos de um sistema de rega são portanto:

- 1) Aplicar a água de um modo eficiente, uniforme e de forma conservativa que permita manter as plantas em perfeito conforto hídrico (Oliveira, 2005);
- 2) Proteger e conservar o ambiente e os recursos (Oliveira, 2005);
- 3) Estar habilitado à realização de regas de proteção, contra as geadas, as altas e as baixas temperaturas;
- 4) Permitir a aplicação de regas de fertilização. Estas consistem na realização da fertilização do solo em simultâneo com a rega. Pode ser fertilização mineral ou

fertilização orgânica. A fertirrega mineral também chamada de rega fertilizante, é a prática cultural que se baseia na incorporação de adubos químicos na água de rega. Por sua vez, a fertirrega orgânica consiste na incorporação de efluentes provenientes de instalações pecuárias (formados pelos dejectos sólidos e líquidos dos animais, águas de lavagem, etc.) na água de rega (Raposo, 1996);

- 5) Permitir a distribuição de pesticidas e herbicidas, técnica análoga à fertilização mineral. A distribuição destes pode ser feita com os mesmos equipamentos da fertilização mineral. Por vezes os herbicidas, pesticidas ou até mesmo raticidas são colocados nos fertilizadores em vez do adubo, desde que estes sejam líquidos ou solúveis na água, particularmente quando esta aplicação for em doses reduzidas (Raposo, 1994);
- 6) Permitir a realização de regas para lavagem de saís em excesso, o que acontece normalmente em solos salinos ou alcalinos. Esta técnica pode ser aplicada por meio de sistemas de rega por aspersão ou por gravidade.

Para atingir estes objectivos qualquer sistema de rega deve ser (Oliveira, 2005):

- 1) Projectado para aplicar a água de rega de forma eficiente e uniforme;
- 2) Instalado de acordo com as especificações do projecto;
- 3) Gerido de forma correcta e racional, para assegurar a aplicação do volume de água estritamente necessário ao bom desenvolvimento das plantas, de acordo com o objectivo em vista e tendo em conta a protecção do ambiente.

Para satisfazer estes requisitos o projecto de rega tem que ser uma peça completa, com informação suficiente e detalhada sobre todos os componentes de forma a poder sustentar um projecto de espaços verdes, técnico e economicamente viável (Oliveira, 2005).

3.Descrição do Local

3.1 Localização

O local do caso de estudo situa-se no espaço designado por “*L´and Vineyards Wine Resort*”, localizado em Portugal Continental, na zona Oeste da região do Alentejo Centro, distrito de Évora, no concelho de Montemor-o-Novo, a coordenadas 38° 38’ 44” N, 8° 14’ 49” O e altitudes compreendidas entre 180 e 189 m.

Este local tem 7 *ha* de área total e está situado a cerca de quarenta e cinco minutos do aeroporto de Lisboa, a duas horas e meia do aeroporto de Faro e a quinze minutos do centro de Évora.



Figura 25 – Localização do *L´and Vineyards Wine Resort*.

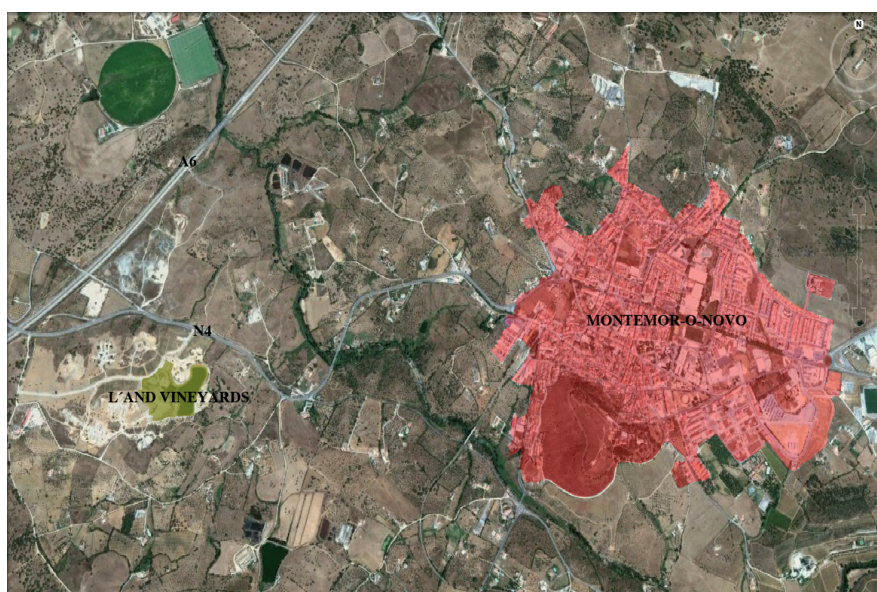


Figura 26 – Localização do centro de Montemor-o-Novo e do *resort L´and Vineyard*

3.2. Aspectos Climáticos

Os aspectos climáticos que importa conhecer para o desenvolvimento deste projecto de rega são não só a precipitação, a evapotranspiração e a temperatura, como também o vento, os picos de calor e de frio, as movimentações de massas de ar e quando estas ocorrências tomam lugar. Por exemplo, uma noite gélida em Abril causa mais dano do que uma noite gélida em Janeiro (Hendrix; Straw, 1998).

É necessário determinar as exigências hídricas das plantas e a quantidade de “água boa” proveniente de precipitação natural, do nevoeiro e orvalho. É também necessário conhecer o padrão de precipitação geral do local (Hendrix; Straw, 1998).

O local de estudo apresenta uma **precipitação** moderada e uma **evapotranspiração** baixa entre os meses de Outubro e Março o que resulta em não haver necessidade de se proceder à rega. Porém a precipitação reduz-se muito entre os meses de Abril e Setembro, sendo a evapotranspiração muito superior, exigindo a aplicação de rega para poder responder ao défice de água fornecida pelo ambiente.

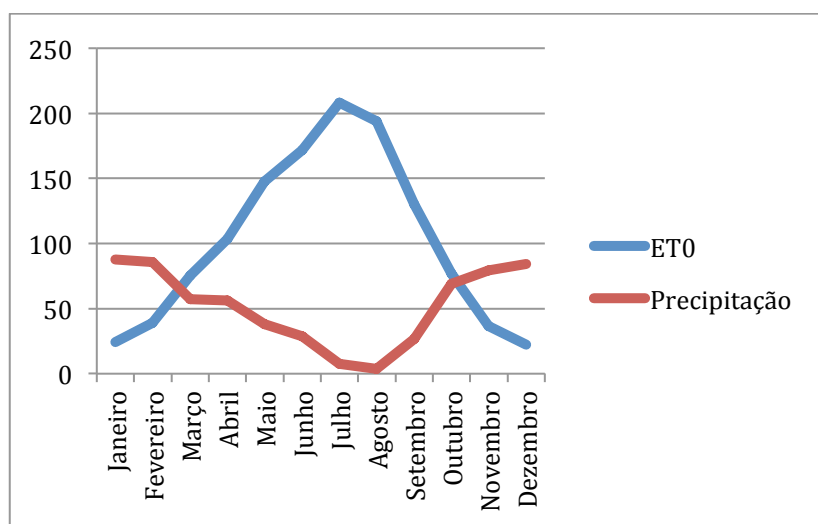


Figura 27 – Curvas de Evapotranspiração e de Precipitação, evidenciando o défice hídrico entre os meses de Março a Outubro, para a situação de Montemor-o-Novo

Em relação ao **vento**, na impossibilidade de obtenção de dados estatísticos aceitáveis, optou-se pela apresentação da informação meteorológica que foi possível disponibilizados últimos 4 anos, a partir da *Web*, no site www.meteoblue.com. Como nos interessa conhecer o vento devido a este afectar a rega (por aspersão), apenas damos a conhecer os dados entre os meses em que há deficiência hídrica e é necessário regar.

Podemos então verificar nos gráficos abaixo (Figuras 31 a 34), a direcção do vento, que está marcada a roxo, com o valor angular marcado no eixo das ordenadas à direita. No caso de estudo, as direcções dominantes nos últimos quatro anos foram o Norte e o Noroeste. Por sua vez, a velocidade está marcada a azul no eixo das ordenadas à esquerda. A curva superior corresponde à velocidade máxima, a curva inferior à velocidade mínima e a curva

intermédia à velocidade média. Nos últimos 4 anos a velocidade máxima situa-se em torno dos 30 *km/h*, com picos entre os 30 e os 40 *km/h*. A velocidade mínima situa-se, em geral, a baixo dos 5 *km/h* e a velocidade média se situa em torno dos 15 *km/h*.

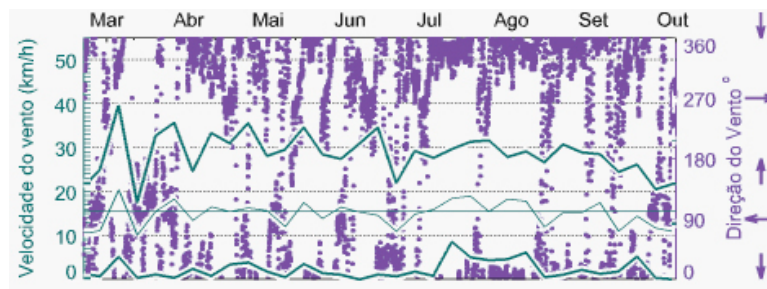


Figura 28 – Velocidade do vento e a sua direcção no ano de 2009

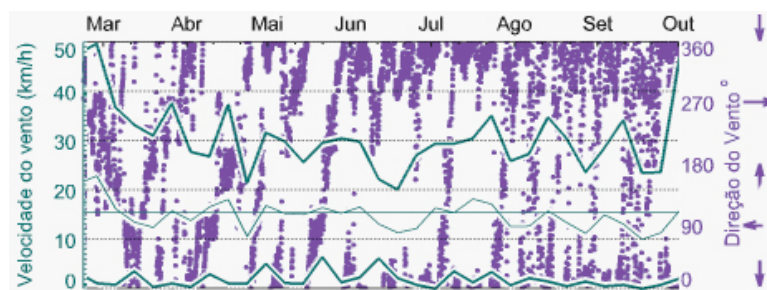


Figura 29 – Velocidade do vento e a sua direcção no ano de 2010

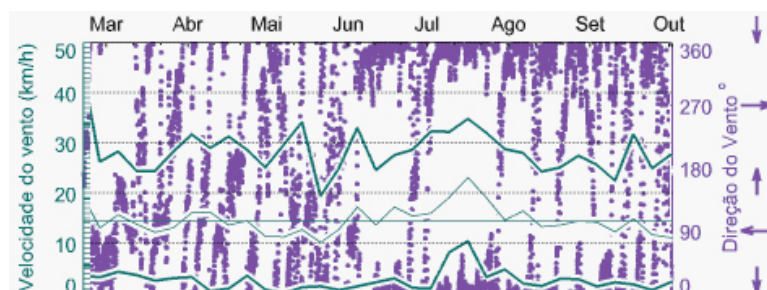


Figura 30 – Velocidade do vento e a sua direcção no ano de 2011

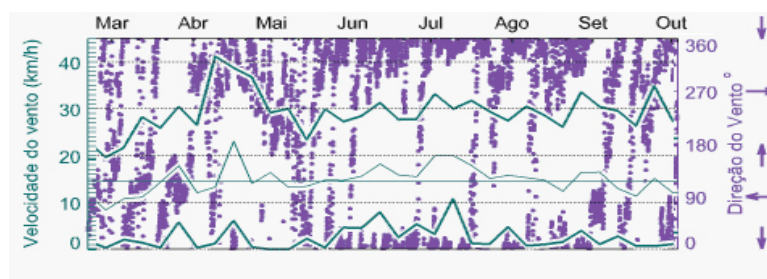


Figura 31 – Velocidade do vento e a sua direcção no ano de 2012

3.3. Solo

Quando se avaliam as necessidades de rega, o segundo factor mais importante a ter em conta é o tipo de solo. Este é composto pela sua parte sólida (partículas minerais e partículas orgânicas), parte líquida (água) e parte gasosa (ar). Todas ocupam o mesmo espaço mas em proporções diferentes (Sanjiao, 2010).

Os solos estão agrupados em classes texturais em função das proporções de areia, limo e argila. Depois de conhecida a proporção de areia, limo e argila, através da análise mecânica, usa-se o diagrama triangular (Fig. 35) para determinar a classe de textura (Sanjiao, 2010).

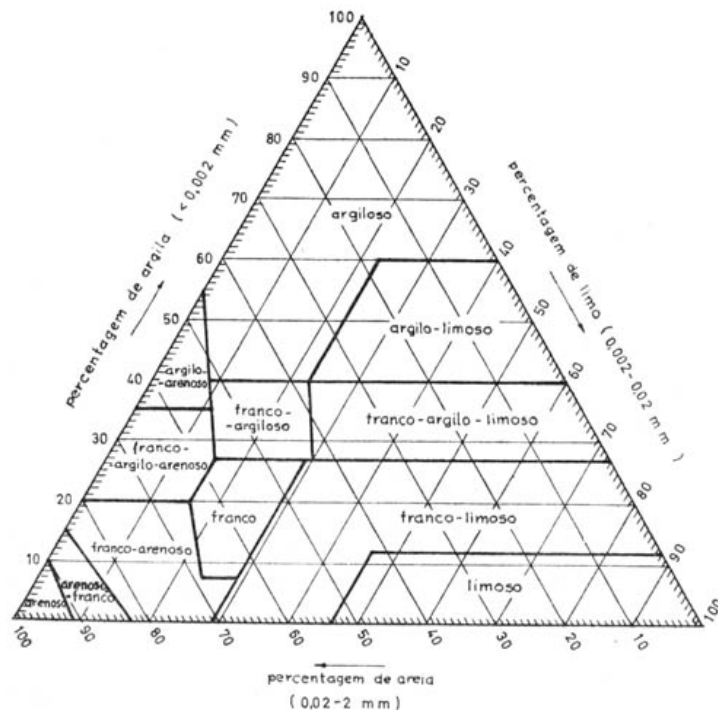


Figura 32 – Diagrama das classes texturais do solo

No diagrama podemos conferir que existem 12 classes texturais de solo diferentes.

A capacidade que um solo tem em drenar ou reter a água está dependente principalmente do tamanho das suas partículas (Hendrix; Straw, 1998).

Assim os solos arenosos permitem o uso de maiores pluviometrias ao contrário dos solos argilosos que apresentam uma taxa de infiltração menor, obrigando ao uso de bicos com pluviometrias menores

Devido ao facto de se considerar que o solo deste caso de estudo deverá sofrer bastantes alterações na sua composição devido à movimentação de terras aquando da obra, optou-se por considerar a sua textura como franco-argilosa.

3.4. Relevo do Terreno

Em relação ao relevo de Montemor predominam as peneplanícies marcadas por pontuais massas montanhosas de pouca altitude.

O local do projecto apresenta-se praticamente plano, com um declive muito pouco acentuado e uma amplitude muito fraca de valores de altitude, com esta a variar entre os 180 e os 189 m. Apesar disso, alguns locais excepcionais como a zona em volta ao parque de estacionamento e ao parque infantil, estiveram em maior conta devido aos declives acentuados apresentados.

Nestes casos foram propostos emissores com pluviometrias mais baixas, de forma a que estas sejam inferiores à taxa de infiltração de água no solo, para minimizar eventuais escorrimentos.

4. Definição das Metodologias Utilizadas

Por forma a dimensionar os sistemas de rega preconizados, seguiu-se uma metodologia baseada nos ensinamentos colhidos nas aulas de Engenharia Aplicada à Arquitectura Paisagista, com as convenientes adaptações às condições do projecto. Tirou-se ainda partido dos ensinamentos práticos do exercício profissional de projectista do co-orientador, Engº António Magalhães Carvalho.

4.1 Dimensionamento Hidráulico do Sistema de Rega

4.1.1. Tubagens Principais

Depois de projetar o sistema que melhor se adapta ao local, com a localização dos emissores, o traçado das condutas e a identificação dos vários sectores de rega, calculam-se os caudais de cada sector

$$Q = \sum q_i \times n_i$$

Em que:

Q – Caudal total do sector (m^3/h)

q_i – Caudal do emissor i

n_i – Número de emissores com esse caudal





Rega por aspersão

Para sectores com emissores (bicos) com o mesmo ângulo de abertura tomou-se como exemplo o sector 07 B.

O sector proposto apresenta uniformidade na escolha do ângulo de abertura (cinco bicos MPR-35, adaptáveis a aspersor 5000/PLUS/PRS/UPG, com o ângulo de abertura de 360°).

O caudal debitado por este bico, à pressão de 2.4 b, é de 1,50 m^3/h .

Tabela 01 – Dados do fabricante para o bico Rain Bird MPR-35 a 360° (Rain Bird, 2008/2009)

Bicos	bar	m	m ³ /h	mm/h	mm/h
90° 	1,7	9,8	0,32	13,4	15,4
	2,4	10,4	0,38	14,1	16,3
	3,1	10,7	0,44	15,3	17,7
	3,8	10,7	0,48	17,0	19,6
	4,5	10,7	0,52	18,4	21,3
120° 	1,7	9,8	0,40	12,7	14,6
	2,4	10,4	0,49	13,6	15,6
	3,1	10,7	0,56	14,7	17,0
	3,8	10,7	0,62	16,4	18,9
	4,5	10,7	0,68	17,9	20,7
180° 	1,7	9,8	0,62	13,1	15,2
	2,4	10,4	0,76	14,1	16,3
	3,1	10,7	0,87	15,2	17,6
	3,8	10,7	0,96	16,9	19,5
	4,5	10,7	1,05	18,4	21,3
360° 	1,7	9,8	1,22	12,8	14,8
	2,4	10,4	1,50	14,0	16,2
	3,1	10,7	1,72	15,1	17,5
	3,8	10,7	1,91	16,8	19,4
	4,5	10,7	2,09	18,3	21,2

Sendo:

$$q = 1,50 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$n = 5$$

$$Q = 5 \times 1,50 \text{ m}^3/\text{h}$$





$$Q = 7,50 \text{ m}^3/\text{h}$$

O caudal total debitado pelo sector 07 B será então de $7,50 \text{ m}^3/\text{h}$.

Para sectores que apresentem bicos com diferentes ângulos de abertura tomou-se como exemplo o sector 11 B.

O sector proposto apresenta diferentes escolhas do ângulo de abertura (onze bicos MPR-35, adaptáveis a aspersor 5000/PLUS/PRS/UPG, com o ângulo de abertura de 90° e de 180°). Neste caso multiplicou-se o caudal emitido por cada bico aberto a um determinado ângulo, pelo o número de aspersores existentes no sector com esse ângulo de abertura, efectuando-se de seguida o respectivo somatório. O caudal debitado pelos bicos abertos a 90° (Q) e a 180° (H), à pressão de 2.4 b é de 0,38 e 0,76 m^3/h , respectivamente.

Tabela 02 – Dados do fabricante para o bico Rain bird MPR-35 a 90° e a 180° (Rain Bird, 2008/2009)

Bicos	bar	m	m ³ /h	mm/h	mm/h
90° 	1,7	9,8	0,32	13,4	15,4
	2,4	10,4	0,38	14,1	16,3
	3,1	10,7	0,44	15,3	17,7
	3,8	10,7	0,48	17,0	19,6
	4,5	10,7	0,52	18,4	21,3
120° 	1,7	9,8	0,40	12,7	14,6
	2,4	10,4	0,49	13,6	15,6
	3,1	10,7	0,56	14,7	17,0
	3,8	10,7	0,62	16,4	18,9
	4,5	10,7	0,68	17,9	20,7
180° 	1,7	9,8	0,62	13,1	15,2
	2,4	10,4	0,76	14,1	16,3
	3,1	10,7	0,87	15,2	17,6
	3,8	10,7	0,96	16,9	19,5
	4,5	10,7	1,05	18,4	21,3
360° 	1,7	9,8	1,22	12,8	14,8
	2,4	10,4	1,50	14,0	16,2
	3,1	10,7	1,72	15,1	17,5
	3,8	10,7	1,91	16,8	19,4
	4,5	10,7	2,09	18,3	21,2

Sendo:

$$q_Q = 0,38 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$n_Q = 2$$

$$q_H = 0,76 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$n_H = 9$$

$$Q = 2 \times 0,38 + 9 \times 0,76$$

$$Q = 7,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Logo, o caudal total debitado pelo sector 11 B será de $7,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

Quando por fim se calculam os caudais de todos os sectores, escolhe-se o sector com maior caudal, para usá-lo como referência para o cálculo das perdas de carga, diâmetro e velocidade nas tubagens principais. Estas tubagens desenvolvem-se desde a bomba até cada electroválvula.

Para o cálculo das perdas de carga, pode-se utilizar a fórmula de Hazen-Williams

$$h = 1,21 \times 10^{10} \times L \times (Q / C)^{1,852} \times D^{-4,687}$$

Em que:

h - Perda de carga no troço de tubagem (m)

L - Comprimento do troço (m)

Q - Caudal (l/s)

C - Valor obtido pela tabela 03 consoante o material das tubagens

D - Diâmetro da tubagem (mm).

Tabela 03 – Valores de C para a fórmula de Hazen-Williams (James, 1988)

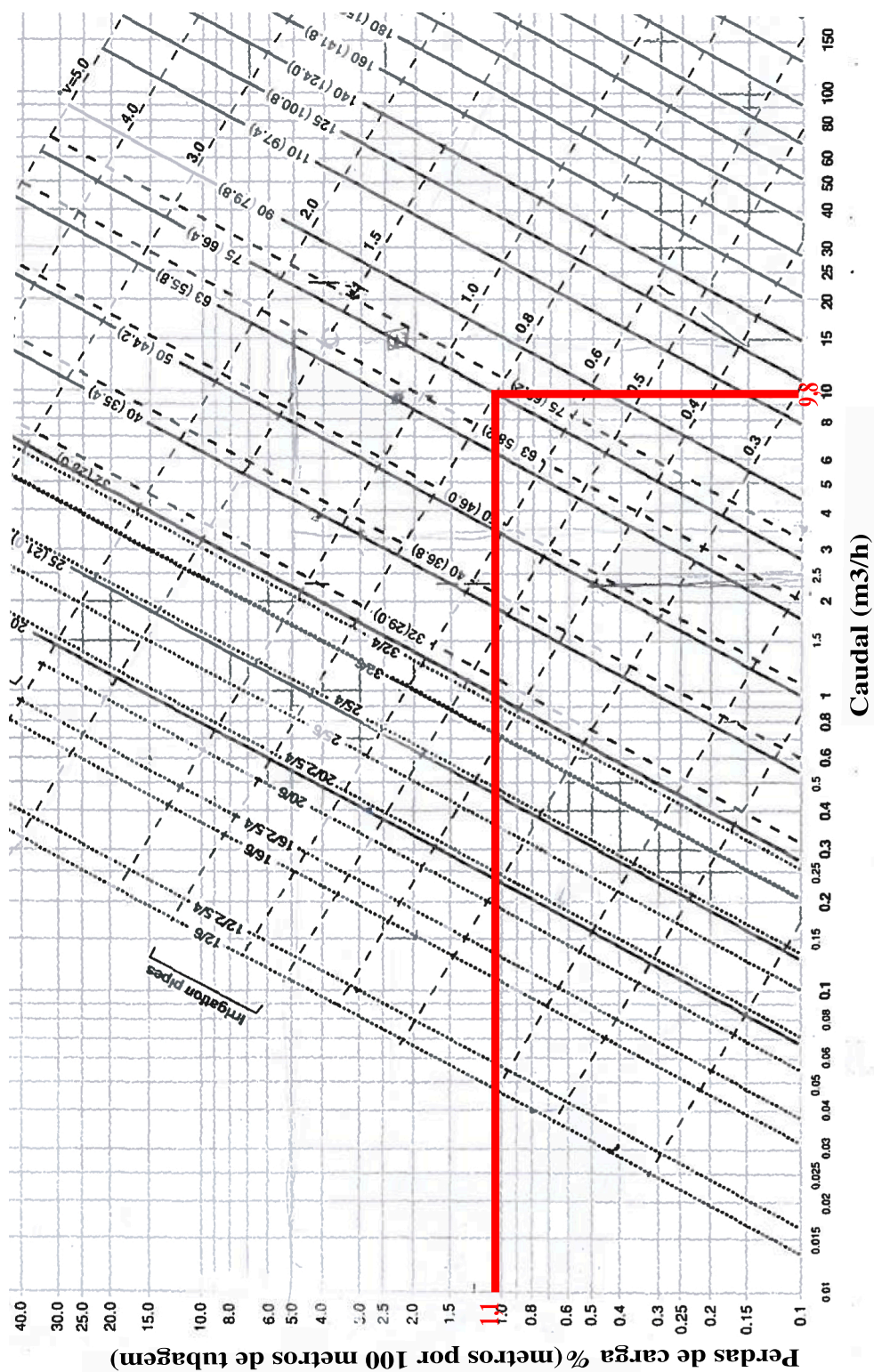
Values of C For the Hazen-Williams Formula	
Type of Pipe	C
Asbestos-cement	140
Brass	130-140
Brick sewer	100
Cast iron	
New, unlined	130
Old, unlined	40-120
Cement lined	130-150
Bitumastic enamel lined	140-150
Tar-coated	115-135
Concrete or concrete lined	
Steel forms	140
Wooden forms	120
Centrifugally spun	135
Copper	130-140
Fire hose (rubber lined)	135
Galvanized iron	120
Glass	140
Lead	130-140
Plastic	140-150
Steel	
Coat-tar enamel lined	145-150
New unlined	140-150
Riveted	110
Tin	130
Vitrified clay	100-140

Na prática, muito frequentemente, recorre-se a ábacos, onde se atribui um dado caudal e elegendo um diâmetro, permitem obter a respectiva perda de carga e a velocidade de escoamento.

No trabalho recorreu-se a um ábaco adaptado a tubagens em polietileno (PE), para os cálculos nas tubagens principais.

Neste caso o sector com maior caudal debitado será o 18 B com $9,8 \text{ m}^3/\text{h}$.

Ábaco 1 – Perdas de carga em tubos de polietileno (*Plassim* catálogo)



Entrando com este valor no ábaco e escolhendo uma tubagem de 75/(69.2) *mm* obtêm-se perdas de carga que rondam 1,1 % e uma velocidade de cerca de 0,8 *m/s*.

Para saber a perda de carga geral na tubagem principal (h_p), é necessário multiplicar o valor da perda de carga unitária (S) fornecida pelo ábaco, pelo comprimento (L) desta:

$$h_p = S \times L$$

Tomou-se como exemplo o sector 23 B.

Sendo 393,3 m o comprimento da tubagem principal.

$$h_p = 1,1/100 \times 393,3$$

$$h_p = 4,33 \text{ m}$$

A perda de carga geral na tubagem principal do sector 23 B é de 4,33 metros.

4.1.2. Tubagens Secundárias

As perdas de carga e diâmetro das tubagens secundárias podem ser calculados por várias fórmulas. Tratando-se de um regime com serviço de percurso, ao qual corresponde um escoamento com caudal variável, optou-se pela utilização da fórmula de Hazen-Williams, com recurso ao procedimento de Christiansen, evitando assim o cálculo minucioso e cansativo troço a troço:

$$h = 1,21 \times 10^{10} \times F \times L \times (Q/C)^m / D^{(2m+n)}$$

Em que:

F - Coeficiente de Christiansen, obtido através de tabela 04

m - Expoente de velocidade

n - Expoente do diâmetro da tubagem

Exemplo:

Para o cálculo das perdas de carga e do diâmetro das tubagens secundárias foi escolhido o sector 23 B.

Para se obter o coeficiente F é necessário conhecer o número de saídas a partir da conduta secundária, assim como os valores de m e de n . O valor de m varia consoante o material da respectiva tubagem:

- se esta for em policloreto de vinil (PVC) o valor é de **1,75**;

- se esta for em polietileno (PE) o valor é de **1,80**.

Como as tubagens propostas são em PE o valor tomado por m será de 1,80.

No que respeita a n , este toma o valor de 1,167 para os diâmetros normalmente utilizados em rega por aspersão.

O sector 23 B divide-se em três troços, sendo dois dos troços, o BC e o BD, potencialmente os mais desfavoráveis. O troço BE é o mais favorável, desprezando-se assim este troço nos

cálculos das perdas de carga. Para BC e BD há portanto lugar ao cálculo das perdas de carga e do diâmetro de cada um deles.

Troço BC

Sabendo que este troço tem quatro saídas e que m toma o valor de 1,80 pode-se então avançar para a tabela e retirar da mesma o valor de F .

Pode-se confirmar pela tabela que, em PE e com quatro saídas, o valor de F é de 0,491.

Tabela 04 – Valor do coeficiente de Christiansen para 4 saídas

n	m = 1,75	m = 1,80
1	1,000	1,000
2	0,659	0,644
3	0,546	0,540
4	0,497	0,491
5	0,469	0,463
6	0,451	0,445
7	0,438	0,432
8	0,428	0,422
9	0,421	0,414
10	0,415	0,409

Considerando assim os dados deste troço:

$$F = 0,491$$

$$L = 24,06 \text{ m}$$

$$Q = 0,80 \text{ l/s}$$

$$C = 150$$

$$D = 40 \text{ mm}$$

$$m = 1,80$$

$$n = 1,167$$

$$h_{BC} = 1,21 \times 10^{10} \times 24,06 \times 0,491 \times (0,80/150)^{1,80} / 40^{(2 \times 1,80 + 1,167)}$$

$$h_{BC} = 0,27 \text{ m}$$

Troço BD

Pode-se verificar, pela tabela, que em PE e com cinco saídas, o valor de F é de 0,463

Tabela 05 – Valor do coeficiente de Christiansen para 5 saídas

n	m = 1,75	m = 1,80
1	1,000	1,000
2	0,659	0,644
3	0,546	0,540
4	0,497	0,491
5	0,469	0,463
6	0,451	0,445
7	0,438	0,432
8	0,428	0,422
9	0,421	0,414
10	0,415	0,409

Para os valores do troço:

$$F = 0,463$$

$$L = 45,48 \text{ m}$$

$Q = 0,69 \text{ l/s}$
 $C = 150$
 $D = 40 \text{ mm}$
 $m = 1,80$
 $n = 1,167$

$$h_{BD} = 1,21 \times 10^{10} \times 45,48 \times 0,463 \times (0,69/150)^{1,80} / 40^{(2 \times 1,80 + 1,167)}$$

$$h_{BD} = 0,37 \text{ m}$$

Pode-se concluir que o troço BD é o mais desfavorável

Diâmetro

O diâmetro é escolhido por aproximação, sendo que o valor de perda de carga unitária não deve ultrapassar os 5 %. Este limite tem como objectivo evitar a utilização de uma bomba de maior potência, a funcionar com um consumo energético mais elevado, para além de evitar uma velocidade de escoamento na tubagem demasiado alta. Sempre que o valor de S num troço for superior a 5 %, deve-se fazer uma segunda aproximação escolhendo um diâmetro maior, que ocasione uma velocidade de escoamento menor e uma perda de carga aceitável.

Perda de Carga Total

A perda de carga total nas tubagens, corresponde à soma da perda de carga geral (somatório das perdas de carga contínuas) e das perdas de carga acidentais. Considerando aqui as perdas nas tubagens principais e na tubagem secundaria mais desfavorável.

$$h = h_p + h_{BD}$$

Em que:

h – Perda de carga geral nas tubagens (m)

h_p – Perda de carga na tubagem principal (m)

h_{BD} – Perda de carga na tubagem secundaria mais desfavorável (m)

Sendo:

$$h_p = 4,33 \text{ m}$$

$$h_{BD} = 0,37 \text{ m}$$

$$h = 4,33 + 0,37$$

$$h = 4,7 \text{ m}$$

Ao valor de h soma-se o valor das perdas de carga acidentais, que se considera, neste caso, ser de 10 % da perda de carga geral, aí incluído o valor da energia cinética ($v^2/2g$), para o cálculo da perda de carga total, H_L' :

$$H_L' = h + 10\%h$$

$$H_L' = 4,7 \times 1,1$$

$$H_L' = 5,17 \text{ m}$$

A perda de carga total do sector 23 B será de 5,17 m.

A este valor tem-se ainda que somar o valor das perdas de carga que ocorrem nos filtros (H_F), e na electroválvula (H_V).

Estas perdas de carga variam consoante a marca e o modelo escolhidos.

A perda de carga no filtro é um factor muito variável de modelo para modelo, esta pode ser calculada através de ábacos fornecidos por cada firma, ou quando não se dispõe deste tipo de informação, pode-se calcular através de fórmulas específicas para filtros (Babusík, 2010):

Filtro de disco:

$$H_F = \delta \times 3 \times 10^{-10} \times Q^{1,8} \times C^{-2,08} \times mesh^{1,11}$$

Filtro de anéis:

$$H_F = \delta \times 9,7 \times 10^{-10} \times Q^{1,7} \times C^{-3,008} \times mesh^{1,11}$$

Filtro de areia:

$$H_F = \delta \times 2 \times 10^{-8} \times e^{5,75 \times A} \times Q^{1,83} \times d_{part}^{-1,43}$$

Em que

H_F – Perda de carga no filtro (m)

δ – Coeficiente variando entre 1 (filtro limpo) e 2,5 (filtro sujo)

Q – Caudal (L/h)

C – Diâmetro (polegadas)

$mesh$ – Número de orifícios por polegada quadrada (valor característico de cada filtro de malha)

d_{part} – Diâmetro do grão (μm)

A – Área activa de filtração (m^2)

e - número neperiano (2,718)

$$A = 5,067 \times 10^{-4} \times C_F^2$$

Em que:

C_F - diâmetro do filtro (polegadas), valores típicos na tabela 06

Tabela 06 – Diâmetro do filtro em polegadas (Babusík, 2010)

Filtros de Areia		
Rosca: Entrada e Saída	Diâmetro do filtro	Caudal (L/h)
1"	12"	3000 – 6000
1 ½"	16"	4000 – 10000
2"	20"	5000 – 16000
2 ½"	24"	8000 – 25000
3"	30"	10000 – 35000
3"	36"	15000 – 50000
4"	48"	30000 – 90000

$$A = 5,067 \times 10^{-4} \times 30^2$$

$$A = 0,46 \text{ m}^2$$

O maior caudal em toda a instalação é aquele que é utilizado para calcular a perda de carga no filtro. Caso exista mais do que um filtro as perdas de carga devem ser somadas.

Exemplo

Para este caso de estudo, uma vez que a água provém de um furo directamente para a lagoa e só depois é aspirada para o sistema de rega, foi escolhido um filtro de areia e um filtro de malha ou de disco para filtrar primeiro a matéria orgânica que se forma na lagoa e depois as impurezas mais pequenas.

Sendo utilizado primeiro um filtro de areia recorre-se à função:

$$H_{FA} = \delta \times 2 \times 10^{-8} \times e^{5,75 \times A} \times Q^{1,83} \times d_{part}^{-1,43}$$

Sendo:

δ – 1 (filtro limpo)

Q – 9800

e – 2,718

A – 0,46

d_{part} – 3

$$H_{FA} = 1 \times 2 \times 10^{-8} \times 2,718^{5,75 \times 0,46} \times 9800^{1,83} \times 3^{-1,43}$$

$$H_{FA} = 1,18 \text{ m}$$

A perda de carga gerada no filtro de areia será de 1,18 metros.

De seguida coloca-se um filtro de disco, pelo que se recorre à função:

$$H_{FM} = \delta \times 3 \times 10^{-10} \times Q^{1,8} \times C^{-2,08} \times mesh^{1,11}$$

Sendo:

δ – 1 (filtro limpo)

Q – 9800 L/h
C – 3 (polegadas)
mesh – 120

$$H_{FM} = 1 \times 3 \times 10^{-10} \times 9800^{1,8} \times 3^{-2,08} \times 120^{1,11}$$

$$H_{FM} = 0,10 \text{ m}$$

Para sabermos a perda de carga total gerada nos filtros é necessário somar os dois valores calculados anteriormente:

$$H_{FT} = H_{FA} + H_{FM}$$

$$H_{FT} = 1,18 + 0,10$$

$$H_{FT} = 1,28 \text{ m}$$

A perda de carga gerada nos filtros para um caudal de 9800 L/h é de 1,28 metros.

Já a perda de carga na electroválvula é estimada a partir de tabelas fornecidas pelos fabricantes. Estas tabelas fornecem valores da perda de carga gerada na electroválvula para um certo caudal.

Exemplo

Para a escolha da electroválvula tomou-se como exemplo o sector 23 B.

Primeiro é necessário escolher a marca e o modelo da válvula para assim poder escolher o diâmetro de entrada que melhor se adequa ao caudal. No presente caso de estudo foram escolhidas as válvulas PGA da marca Rain Bird.

Neste caso, o sector escolhido para o exemplo apresenta um caudal de 5,6 m³/h. Para estas condições a válvula que apresenta as condições mais favoráveis é a válvula de uma polegada.

Tabela 07 – Valores de perda de carga na válvula Rain Bird Série PGA de 1 polegada (Rain Bird, 2008/2009)

100-PGA		
m ³ /h	Linha	Ângulo
1,2	0,38	0,38
3	0,41	0,41
6	0,43	0,43
9	0,48	0,48

Pela tabela pode-se verificar que a perda de carga gerada pela válvula 100-PGA para um sector com 5,6 m³/h de caudal (um valor perto dos 6 m³/h) é portanto de 0,43 metros.

Para calcular a perda de carga total, soma-se as perdas de carga que ocorrem nas tubagens principais e secundárias, às perdas que ocorrem nos filtros e nas electroválvulas:

$$H_L = H_L' + H_V + H_{FT}$$

Em que:

H_L – Perda de carga total (m)

H_L' – Perda de carga total nas tubagens e acessórios (m)

H_V – Perda de carga na electroválvula (m)

H_{FT} – Perda de carga nos filtros (m)

Sendo:

$H_L' = 5,17 \text{ m}$

$H_V = 0,43 \text{ m}$

$H_{FT} = 1,28 \text{ m}$

$$H_L = 5,17 + 0,43 + 1,28$$

$$H_L = 6,88 \text{ m}$$

A perda de carga total gerada desde a bomba até ao bico mais desfavorável do sector 23 B é portanto de 6,88 metros.

4.1.3. Necessidades de Rega

Para se dimensionar todo o sistema de rega, é importante calcular previamente as necessidades hídricas das plantas, por forma a se conhecerem os volumes de água a aplicar. Para isso é preciso proceder ao levantamento das condições que o local tem para oferecer.

4.1.3.1. Capacidade Utilizável do Solo (U)

A capacidade utilizável do solo (U) é a quantidade de água armazenada no solo, numa dada espessura do mesmo, e que pode ser cedida à utilização pelas plantas com relativa facilidade. Para o seu cálculo é fulcral conhecer os valores da capacidade utilizável do solo (u) (expressa percentualmente e correspondente à diferença entre os teores de humidade à capacidade de campo (θ_{cc}) e ao coeficiente de emurchecimento (θ_{ce})), da densidade aparente do solo (Dap), e da profundidade de exploração radicular (z).

Capacidade de campo (Cc) - É a quantidade de água que o solo consegue reter depois de uma rega abundante, ou de uma chuvada intensa, após cessarem o eventual escoamento e a infiltração da água em profundidade (por percolação), o que se verifica ao fim de um a três dias. Representa, portanto, a água higroscópica e capilar que o terreno retém depois de ter escoado a água gravitacional (Raposo, 1996).

Coeficiente de emurchecimento (Ce) - É o teor de humidade do solo abaixo do qual as plantas não podem realizar a absorção radicular, situação que origina a sua morte (Raposo, 1996).

Capacidade utilizável (u)

$$u = \theta_{cc} - \theta_{ce}$$

Em que:

u – Capacidade utilizável do solo

θ_{cc} – Teor de humidade à capacidade de campo

θ_{ce} – Teor de humidade ao coeficiente de emurchecimento

Capacidade utilizável (U)

A capacidade utilizável do solo U (em mm) correspondente a uma profundidade radicular z (em mm) é igual a (Raposo 1996):

$$U = z \times Dap \times u$$

Em que:

U – Capacidade utilizável do solo (mm)

z – Profundidade de exploração radicular (mm)

Dap – Densidade aparente do solo

u – Capacidade utilizável do solo (%)

O valor de U representa então a quantidade de água presente numa dada profundidade do terreno.

Os valores de u e de Dap são determinados, a partir de amostras de solo representativas das parcelas a regar, em laboratórios da especialidade, como é o caso do Laboratório de Solos do ISA/UL ou do Laboratório Rebelo da Silva (do Ministério da Agricultura), que funciona na Tapada da Ajuda (Lisboa).

A profundidade de exploração radicular (z), é a medida em milímetros da profundidade que se estima as raízes da planta poderem extrair a água do solo.

Exemplo:

Como não foi possível recolher amostras do solo e sabendo que os terrenos da área do projecto são bastante alterados na sua preparação e movimentação, foi considerado que a textura média destes solos seria franco-argilosa, com uma capacidade de campo de 20%, um coeficiente de emurchecimento de 8% e uma densidade aparente de 1,45.

$$u = 0,20 - 0,08$$

$$u = 0,12$$

Considerou-se assim que a capacidade utilizável do solo (u) seria de 12 %.

Para o caso de estudo tomou-se como um dado médio, a profundidade de exploração radicular das plantas de 300 mm

Sendo:

$$z = 300 \text{ mm}$$

$$Dap = 1,45$$

$$u = 12 \%$$

$$U = 300 \times 1,45 \times 0,12$$

$$U = 52,2 \text{ mm}$$

A Capacidade Utilizável do Solo referente à zona do projecto com espécies com 300 mm de profundidade média de exploração radicular será de 52,2 mm.

4.1.3.2. Dotação Útil de Rega

A dotação útil é a quantidade de água aplicada em cada rega, sem incluir as perdas de água relativas a todo o processo. Calcula-se multiplicando a capacidade utilizável (U) pelo coeficiente de gestão de rega (p), sendo que este corresponde à maior ou menor capacidade das plantas resistirem à secura:

$$Du = U \times p$$

Em que:

Du – Dotação útil de rega (mm)

U – Capacidade utilizável do solo (mm)

p – Coeficiente de gestão de rega ou facilmente utilizável (%)

Considerando o coeficiente de gestão de rega de 30 %, tem-se:

$$Du = 52,2 \times 0,30$$

$$Du = 15,66 \text{ mm}$$

A dotação útil de rega será, neste caso, de 15,66 mm.

4.1.3.3. Dotação Real de Rega

A dotação real de rega calcula-se pelo quociente da dotação útil pela eficiência de rega:

$$Dr = Du / Er$$

Em que:

Dr – Dotação real de rega (mm)

Du – Dotação útil de rega (mm)

Er – Eficiência de rega (%)

A eficiência de rega (Er) é um aferidor que toma em linha de conta a água perdida por escoamento superficial, percolação, evaporação e irregularidades na distribuição, podendo ser, genericamente, definida através da expressão:

$$E_r = V_b / V_{ap}$$

Em que:

V_b é o volume de água usado com benefício

V_{ap} é o volume de água aplicado

A E_r varia consoante o sistema de rega utilizado.

Tabela 08 – Eficiência de rega dos vários tipos de sistemas (Raposo, 1996)

SISTEMAS DE REGA		EFICIÊNCIA DE REGA	
		Limites	Valor médio (%)
Faixas		30% – 75%	57%
Canteiros (c/ submersão temporária)		30% – 75%	59%
Sulcos		30% – 75%	58%
Rega localizada	Gota-a-gota	85% – 95%	90%
	Miniaspersão	80% – 90%	85%
Aspersão		70% – 90%	80%

Considerando a eficiência de rega do nosso sistema de rega por aspersão de 80 % e sendo $Du = 15,66 \text{ mm}$, como calculado anteriormente, tem-se:

$$Dr = 15,66 / 0,80$$

$$Dr = 19,58 \text{ mm}$$

A dotação real de rega para o sistema de aspersão será então de $19,58 \text{ mm}$.

4.1.3.4. Evapotranspiração de Referência, Evapotranspiração de Paisagem, Coeficiente de Paisagem.

A evapotranspiração corresponde à soma das quantidades de água perdidas pelo solo por evaporação, através das superfícies deste, e pelas plantas, por transpiração (cuticular ou estomática) (Raposo, 1996).

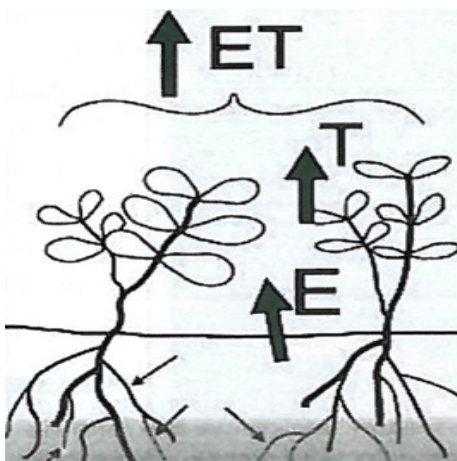


Figura 33 – Imagem representativa dos componentes da evapotranspiração (ET)

Evapotranspiração de referência

É a taxa de evapotranspiração de uma superfície extensa de relva verde, com uma altura uniforme de 8 a 15 cm, crescendo ativamente, cobrindo completamente o solo e sem restrições de água (Doorenbos & Pruitt, 1977).

Para calcular as necessidades de rega utiliza-se frequentemente a metodologia publicada pela FAO, no *Irrigation and Drainage Paper nº 56*. Daqui resulta (Silva, 2011) :

$$NR = ET_C - Pe$$

Em que:

NR – Necessidade de rega

ET_C – Evapotranspiração cultural

Pe – Precipitação efectiva

O valor da evaporação cultural é calculado através da expressão:

$$ET_C = ET_0 \times Kc$$

Em que:

ET_0 – Evapotranspiração de referência

Kc – Coeficiente cultural

Embora esta expressão seja muito utilizada para calcular as necessidades hídricas nas culturas em agricultura, é incorrecto utilizá-la para calcular as necessidades hídricas das plantas em espaços verdes, uma vez que não se encontram disponíveis coeficientes culturais para as plantas utilizadas nestas condições. Para ultrapassar essa adversidade foi proposto o coeficiente de paisagem (K_L) que pretende adaptar essa correcção à ET_0 para as condições envolventes aos espaços verdes (Afonso, 2007):

$$ET_L = ET_0 \times K_L$$

Em que:

ET_L – Evapotranspiração de paisagem

K_L – Coeficiente de paisagem

Coeficiente de paisagem

Este coeficiente toma em consideração o tipo e características das plantas, o clima e a envolvente do local onde as plantas se desenvolvem e a sua densidade. O coeficiente de paisagem (K_L) é calculado através do produto do coeficiente de vegetação (K_V), pelo coeficiente microclimático (K_{MC}) e pelo coeficiente de densidade (K_D) (Afonso, 2007):

$$K_L = K_V \times K_{MC} \times K_D$$

Estes coeficientes são adimensionais e possuem valores de referencia de acordo com a composição e características da zona e da sua envolvente.

Coeficiente de vegetação

Representa a fracção de ET_L para um solo totalmente ou parcialmente coberto ou sombreado e sem stress hídrico e apresenta os valores constantes da Tabela 09 (Afonso, 2007).

Exemplo:

Escolhemos para exemplificar o sector 13 B.

Esta zona divide-se entre árvores e arbustos, apresentando cerca de 50 % de presença de cada componente vegetal.

Tabela 09 – Valores para o coeficiente de vegetação (K_V) (Afonso, 2007)

VEGETAÇÃO	VALOR DO K_V
Árvores	1,15
Arbustos de clima desértico	0,7
Restantes espécies de arbustos	0,8
Herbáceas com cobertura completa do solo	1,0
Anuais (Flores)	0,9
Mistura dos 3 anteriores	1,20
Relvado de estação fria	0,9
Relvado de estação quente	0,9

Nestas condições o valor do coeficiente resulta da soma ponderada relativamente às áreas ocupadas por cada espécie vegetal

$$K_V = (0,5 \times 1,15) + (0,5 \times 0,8)$$

$$K_V = 0,98$$

O coeficiente de vegetação é de 0,98.

Coeficiente microclimático.

O coeficiente microclimático (K_{MC}) é um factor de correcção que depende essencialmente das condições envolventes. Edifícios e outras construções típicas dos ambientes urbanos produzem sombra que influencia a temperatura, a luminosidade e a humidade do ar, abrigam do vento ou transmitem calor que altera a energia disponível para a evapotranspiração (Sanjiao, 2010).

Assim, para determinar K_{MC} é necessário conhecer em que tipo de ambiente as plantas se encontram. Há a considerar três tipos distintos de ambiente (Afonso, 2007):

- O ambiente de plantação hostil que se caracteriza por ser uma envolvente que implica um elevado nível de *stress* às plantas, como se situarem próximas de uma zona pavimentada, sem vegetação, expostas directamente ao sol, ou se encontrarem perto de uma superfície reflectora, fazendo-as transpirar de forma exagerada, o que resulta em maior necessidade de rega;
- O ambiente de plantação normal, sendo uma situação que não envolve muito stress para a planta, que corresponde a uma aproximação da evapotranspiração de referência, isto é, situação de campo aberto com condições de vento e insolação normais para o local. Este tipo de microclima não é influenciado por construções, pavimentos, declives ou superfícies reflectoras;
- Por fim temos o ambiente de plantação favorável, sendo um ambiente que pelas suas características (zona de ensombramento, abrigada do vento e longe de superfícies quentes) resulta num *stress* reduzido da planta, implicando numa transpiração menor e consequentemente seja necessário um menor número de regas.

Exemplo:

Escolhemos para exemplificar o sector 13 B.

Considerámos neste caso que o sector se encontra numa área com ambiente de plantação favorável.

Tabela 10 – Valores para o coeficiente microclimático (K_{MC}) (Afonso, 2007)

VEGETAÇÃO	AMBIENTE DE PLANTAÇÃO HOSTIL	AMBIENTE DE PLANTAÇÃO NORMAL	AMBIENTE DE PLANTAÇÃO FAVORÁVEL
Árvores	1,4	1,0	0,5
Arbustos	1,3	1,0	0,5
Herbáceas com cobertura completa do solo	1,2	1,0	0,5
Mistura dos 3 anteriores	1,4	1,0	0,5
Relvados em geral	1,2	1,0	0,8

$$K_{MC} = (0,5 \times 0,5) + (0,5 \times 0,5)$$

$$K_{MC} = 0,5$$

O coeficiente microclimático é, nestas condições favoráveis, de 0,5, o que corresponde a uma redução para metade da ET_0 .

Coeficiente de Densidade

A densidade de plantação reflecte a área de solo coberta pela vegetação, o que se traduz em diferenças no albedo e na fracção de solo que contribui para a evaporação (Sanjiao, 2010). Logo o K_D é calculado segundo a mesma lógica dos coeficientes anteriores, sendo a fracção de solo coberta ou sombreada e a altura das plantas os dois factores variantes (Tabela 11).

Exemplo:

Escolhemos para exemplificar o sector 13 B.

Podemos constatar na planta que a zona envolta ao sector 13 B está totalmente coberta de vegetação, ao que corresponde um valor de K_D igual à unidade.

Tabela 11 – Valores para o coeficiente de densidade (K_D) (Afonso, 2007)

FRACÇÃO DO SOLO EFECTIVAMENTE COBERTO OU SOMBREADO ($f_{c\text{ eff}}$)	$h = 0,1\text{ m}$	$h = 0,4\text{ m}$	$h = 1\text{ m}$	$h = 4\text{ m}$
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.12	0.19	0.20	0.20
0.2	0.23	0.32	0.40	0.40
0.3	0.33	0.42	0.55	0.60
0.4	0.43	0.52	0.63	0.80
0.5	0.53	0.61	0.71	0.87
0.6	0.63	0.69	0.77	0.90
0.7	0.72	0.78	0.84	0.93
0.8	0.82	0.85	0.89	0.96
0.9	0.91	0.93	0.95	0.98
1.0	1.00	1.00	1.00	1.00

Tem-se assim, para o caso do exemplo:

$$K_V = 0,98$$

$$K_{MC} = 0,5$$

$$K_D = 1,0$$

Pelo que o coeficiente de paisagem vem:

$$K_L = 0,98 \times 0,5 \times 1,0$$

$$K_L = 0,49$$

O coeficiente de paisagem na área afecto ao sector 13 B é de 0,49.

A evapotranspiração de referência de Montemor-o-Novo no mês de ponta (Julho) é de 208,3 mm, valor médio baseado em dados estatísticos de uma série superior a 20 anos de registos.

Sendo:

$$K_L = 0,49$$

$$ET_0 = 208,3 \text{ mm}$$

$$ET_L = 208,3 \times 0,49$$

$$ET_L = 102,07 \text{ mm}$$

A evapotranspiração de paisagem para o sector 13 B é de 102,07 milímetros.

Para se poder calcular os **intervalos entre regas** é necessário conhecer a evapotranspiração diária da paisagem (eT_L) para o mês de ponta (Julho):

$$eT_L = ET_L / 31$$

$$eT_L = 102,07 / 31$$

$$eT_L = 3,29 \text{ mm/dia}$$

Logo, a evapotranspiração diária no mês de ponta para as plantas regadas pelo sector 13 B será de 3,29 mm por dia.

4.1.3.5. Intervalo entre Regas, Número de Regas no Mês de Ponta, Tempo de Rega e Intensidade Pluviométrica.

Após ser conhecido o valor da evapotranspiração diária pode-se passar a calcular então os seguintes parâmetros da rega:

Intervalo entre Regas:

Para isso utiliza-se a função:

$$I = Du / eT_L$$

$$I = 15,66 / 3,29$$

$$I = 4,76 \approx 4$$

As regas para o sector 13 B devem ser efectuadas de 4 em 4 dias.

Número de Regas no Mês de Ponta

Para se calcular o número de regas a aplicar no mês de ponta (NRp) é necessário conhecer o valor de ET_L , que foi previamente calculado:

$$\begin{aligned} NRp &= ET_L / Du \\ NRp &= 102,07 / 15,66 \\ NRp &= 6,52 \approx 7 \end{aligned}$$

São necessárias 7 regas no mês de ponta.

Tempo de Rega e Intensidade Pluviométrica

O tempo de rega de cada sector é calculado para regar apenas o tempo necessário para satisfazer as necessidades hídricas das plantas. Este pode ser obtido através da expressão:

$$tr = Dr / ip$$

Em que:

tr – Tempo de rega (h)

ip – Intensidade pluviométrica do aspersor ($mm\ h^{-1}$)

A intensidade pluviométrica é a quantidade de água que é aplicada numa determinada área por um emissor. No caso concreto deste estudo optou-se por calcular a intensidade pluviométrica média para um ou mais sectores, dividindo o caudal total do(s) sector(es) pela área total.

Caso a área do projecto seja muito extensa, é apropriado dividir a área total em sub áreas mais pequenas, para permitir um valor mais aproximado da pluviometria real. No caso de estudo optou-se por subdividir a área total oito sub áreas, tendo como parâmetro de divisão a topografia de cada sub área (trata-se de zonas com aspersores de características idênticas).

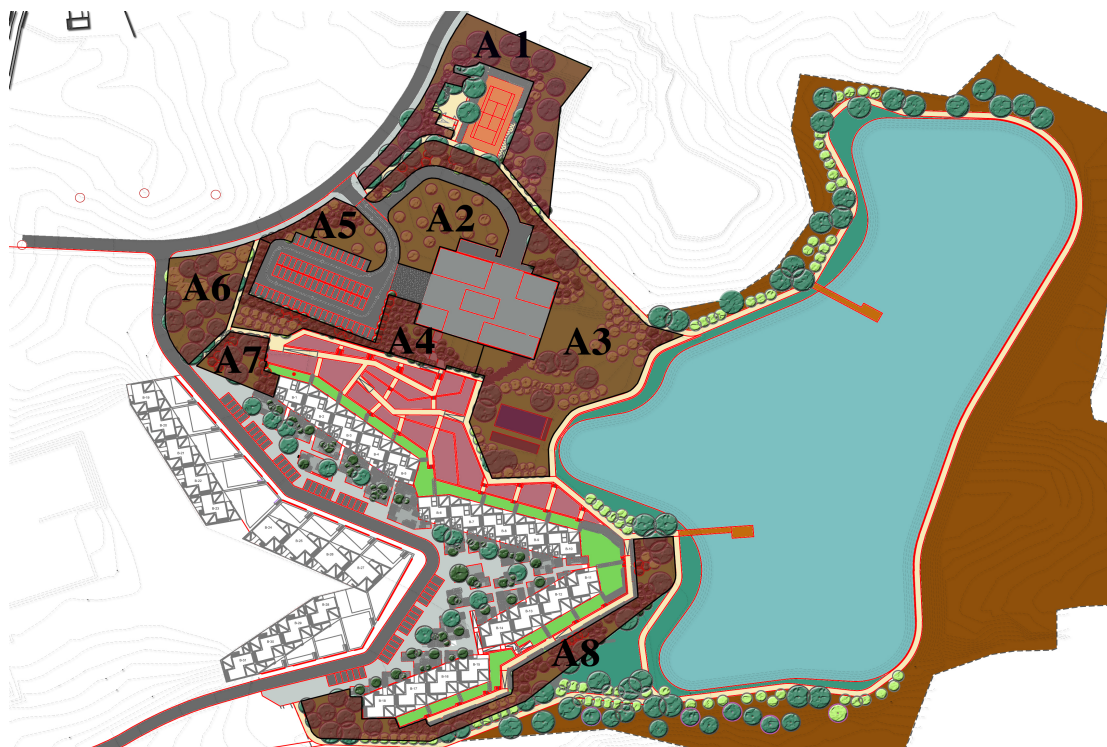


Figura 34 – Divisão da área total de estudo em sub-áreas (A1 a A8)

Para calcular a pluviometria aplicada numa determinada área usa-se a função:

$$ip = Q / A$$

Em que:

Q – Caudal total dos sectores inseridos nessa área (m^3/h)

A – Área (m^2)

Exemplo:

Para exemplificar o cálculo da pluviometria utilizou-se a sub área A2



Figura 35 – Localização da sub área A2

Podemos confirmar que os sectores que atuam nessa sub área são 15, 16 e 17 B. O caudal total emitido por esses três sectores é de $15,74 \text{ m}^3/\text{h}$ e a área total de A2 é de 1237 m^2 .

Sendo:

$$Q = 15,74 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A = 1237 \text{ m}^2$$

$$ip = 15,74 / 1237$$

$$ip = 0,0127 \text{ m/h}$$

$$ip = 12,7 \text{ mm/h}$$

A pluviometria média aplicada na área A2 é portanto de $12,7 \text{ mm/h}$

Sendo:

$$Ip = 12,7 \text{ mm/h}$$

$$Dr = 19,58 \text{ mm}$$

$$tr = Dr / ip$$

$$tr = 19,58 / 12,7$$

$$tr = 1,54 \text{ h} \approx 1\text{h}32\text{min}$$

O tempo de rega para estes sectores será de 1 hora e 32 minutos.

4.1.4. Necessidades de Rega (rega localizada)

4.1.4.1. Dotação Máxima de Rega ($D_{máx}$)

A dotação máxima ($D_{máx}$) é calculada da mesma forma que a dotação útil (D_u) para o sistema de aspersão, apenas há a considerar a correcção através do valor de F_{sh} , que corresponde à fracção de solo humedecida. Este valor calcula-se pela razão entre a área humedecida e a área explorada pela planta.

$$D_{máx} = U \times p \times F_{sh}$$

Em que:

p – Coeficiente de gestão de rega

F_{sh} – Área humedecida/Área explorada pela planta

Considerou-se, nesta situação, que a área humedecida é de cerca de 45 % da área explorada pela planta, ou seja, que F_{sh} é igual a 0,45:

$$D_{máx} = 52,2 \times 0,3 \times 0,45$$

$$D_{máx} = 7,05 \text{ mm}$$

A dotação máxima será de 7,05 milímetros.

4.1.4.2. Intervalo entre Regas, Tempo de Rega e Tempo Total Diário de Rega

Intervalo entre Regas

Depois de se conhecer a $D_{máx}$ e a eT_L é possível calcular o Intervalo entre regas (I_r) para um determinado sector através da expressão:

$$I_r \leq D_{máx} / eT_L$$

Exemplo:

Tomou-se como exemplo o sector 01 G

Sendo:

$$D_{máx} = 7,05 \text{ mm}$$

$$eT_L = 3,36 \text{ mm/dia}$$

$$I_r \leq 7,05 / 3,36$$

$$I_r \leq 2,1 \text{ dias}$$

Logo, o intervalo de regas pode-se fixar em dois dias.

Tempo de Rega

Para se conhecer o valor do tempo de rega (t_r) procede-se ao cálculo através da expressão:

$$t_r = D_p / (n \times q)$$

Em que:

D_p – Dotação por planta (*l/dia*)

n – Número de gotejadores por árvore ou arbusto

q – Caudal de cada gotejador (*l/h*)

Exemplo:

Tomou-se como exemplo o sector 01 G

A dotação por planta (D_p) foi obtida por consulta da tabela 12, relativa às necessidades de água por planta, para condições climáticas próximas das do projecto.

Tabela 12 – Dotação por planta para climas moderados, com 27-32° de média de temperaturas máximas e humidade média a alta (Melby, 1995)

Necessidades da planta	Diâmetro do coberto da planta (m)											
	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	1,8	2,4	3,1	3,7	4,3
	D_p – Dotação de água por planta por dia ($l\text{ dia}^{-1}$)											
Elevada Flores, plantas vivazes, pequenos arbustos e árvores de fruta	0,7	1,5	2,7	3,8	5,3	9,5	14,8	20,8	37,9	60,6	83,3	113,6
Moderada Novas plantações de endémicas, árvores e arbustos endémicos de zonas de clima húmido	0,5	1,1	1,9	2,7	3,8	6,4	10,2	14,8	26,5	41,6	60,6	79,5
Baixa Estabelecimento de plantas endémicas e algumas plantas endémicas que não necessitam de rega	0,3	0,8	1,1	1,5	2,3	3,8	5,7	8,3	14,8	23,0	34,1	45,4

Considerando que, para o caso presente, se está em presença de plantas com necessidades médias e que o diâmetro médio das mesmas é de 0,6 m, tem-se que:

$$D_p = 1,9 \text{ l/dia}$$

$$n = 1$$

$$q = 2,2 \text{ l/h}^{-1}$$

$$t_r = 1,9 / (1 \times 2,2)$$

$$t_r = 0,86 \text{ h} \approx 52 \text{ min}$$

O tempo de rega para cada sector é de 52 minutos.

Tempo Total Diário de Rega

Para o tempo total diário de rega é necessário saber o número de sectores da rede (N_r), para tal utiliza-se a expressão

$$N_r \leq I_r \times T_d / T_r$$

Em que:

T_d – Tempo total diário de rega (em 1ª aproximação considera-se 24h)

$$N_r \leq 2 \times 24 / 0,86$$

$$N_r \leq 55,8$$

O número de sectores terá de ser portanto inferior a 55.

Para finalmente calcularmos o tempo total diário de rega utilizamos o número de sectores na expressão

$$T_d' = N_r \times T_r / I_r$$

Exemplo:

Tomámos como exemplo o sector 01 G

Sendo que se está em presença de um único sector de rega:

$$N_r = 1$$

$$T_d' = 1 \times 0,86 / 2$$

$$T_d' = 0,43 \approx 26 \text{ min}$$

O tempo total diário de rega para o sector 01 G é de 26 minutos.

4.1.5 Estação de bombagem

4.1.5.1. Altura geométrica total (Z)

Depois de se calcular as necessidades hídricas é necessário dimensionar a estação de bombagem. Para isso calcula-se a altura manométrica total (Z), ou seja, a pressão necessária no início do sistema para que todos os aspersores consigam funcionar à pressão nominal dos emissores:

$$Z = z + h_p + V^2/2g + H_L$$

Em que:

Z – Altura manométrica total (m)

z – Altura geométrica total (m)

h_p – Altura representativa de pressão de funcionamento do aspersor (m)

$V^2/2g$ – Altura geratriz da velocidade na rampa de acesso ao aspersor (m)

H_L – Perda de carga total (m).

$$Z = Z_e - Z_a$$

Em que:

z_e – altura geométrica de elevação (m)

z_a – altura geométrica de aspiração (m)

Exemplo:

Para o sistema ser dimensionado de forma correta, é necessário calcular a altura manométrica correspondente ao sector mais desfavorável. Garantindo a pressão nominal de funcionamento dos aspersores neste sector, tal vai permitir que a água atinja todos os demais aspersores com pressão suficiente para o seu correto funcionamento.

Neste caso de estudo, pelos cálculos podemos confirmar que o sector 26B, é o sector que apresenta a maior perda de carga sendo por isso o sector mais desfavorável. Este sector apresenta o seu ponto mais alto à cota 187,50 m e se considerarmos que a aspiração se faz no momento em que a lagoa está no seu ponto com menos água, à cota 180,5 m, tem-se que a altura geométrica total é de:

$$z = 187,50 - 180,5$$

$$z = 7 \text{ m}$$

Sendo:

$$z = 7 \text{ m}$$

$$h_p = 24 \text{ m}$$

$$H_L = 7,82 \text{ m (incluindo } V^2/2g)$$

$$Z = 7 + 24 + 7,82$$

$$Z = 38,82 \text{ m}$$

A bomba terá que garantir uma altura manométrica total de 38,82 m.

4.1.5.2. Potência Transmitida pela Bomba (WHP)

Para calcular a potencia transmitida pela bomba recorre-se à expressão:

$$WHP = \gamma \times Q \times Z$$

Em que:

WHP – Potencia transmitida pela bomba ($Kgm.s^{-1}$)

γ – Peso específico da água ($kgf.m^{-3}$)

Q – Caudal total do sector ($m^3.s^{-1}$)

Z – Altura manométrica total (m)

Sendo:

$$\gamma = 1000 \text{ kgf.m}^{-3}$$

$$Q = 0,00154 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$$

$$Z = 38,82 \text{ m}$$

$$WHP = 1000 \times 0,00154 \times 38,82$$

$$WHP = 59,78 \text{ Kgm.s}^{-1}$$

$$WHP = 59,78 \times 0,0098$$

$$WHP = 0,59 \text{ kW}$$

A potencia transmitida pela bomba será de 0,59 kilowatts, na situação deste sector.

Se se considerar esta altura manométrica (para a situação mais desfavorável) e o caudal do sector mais exigente, tem-se:

$$Q = 9,8 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00272 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$WHP = 1000 \times 0,00272 \times 38,82 = 105,59 \text{ Kgm.s}^{-1}$$

$$WHP = 1,03 \text{ kW}$$

4.1.5.3. Potência Consumida pela Instalação (THP)

Para calcular a potência consumida pela instalação é utilizada a função:

$$THP = WHP/\eta$$

Em que:

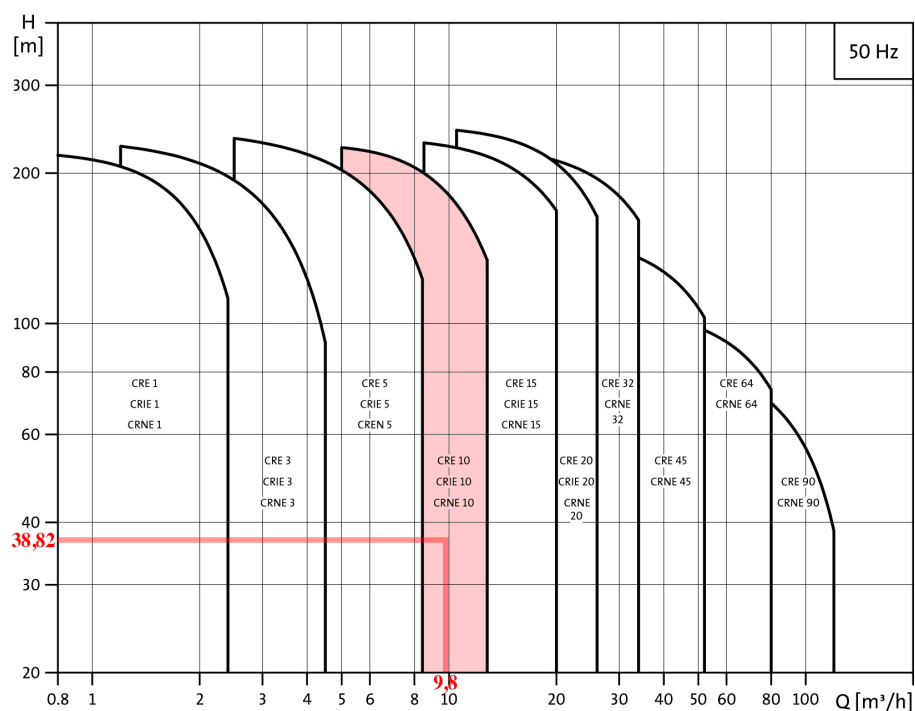
THP – Potência consumida pela bomba (kW)

η – Rendimento da bomba (%)

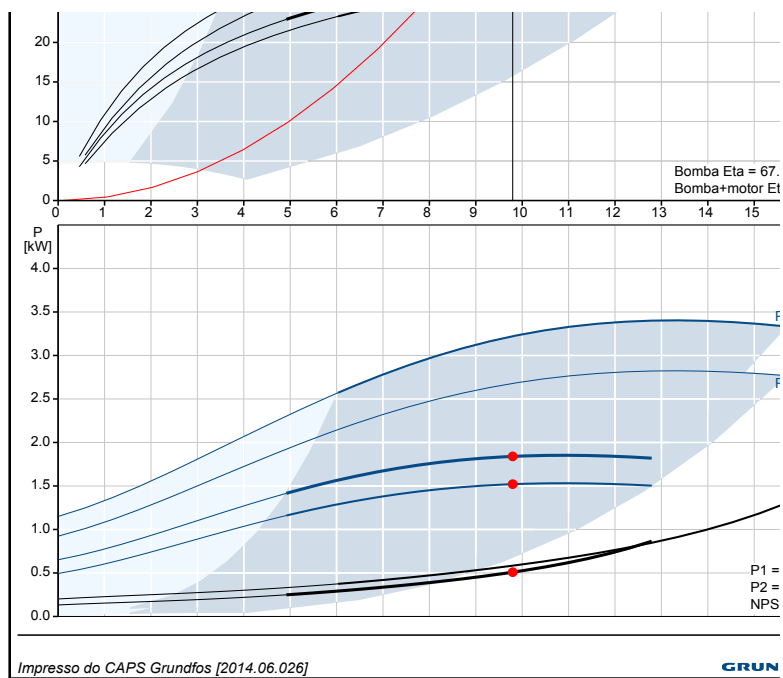
O rendimento da bomba é um valor obtido através do ábaco do respectivo modelo fornecido pelo fabricante. É necessário conhecer o caudal e a altura manométrica máximas para poder dimensionar a bomba e escolher aquela que melhor responde às condições exigidas pelo sistema.

Exemplo:

Para este caso de estudo a altura manométrica total é de 38,82 metros verificada no sector 26 B, o caudal máximo é de $9,8 \text{ m}^3/\text{h}$ que ocorre no sector 18 B.

Ábaco 2 – Diagrama para selecção das bombas CRE, CRIE e CRNE(Grundfos catálogo)

A bomba que melhor se adapta a estas condições é a bomba da marca Grundfos modelo CRE 10-5.

Ábaco 3 – Curvas características da bomba Grundfos CRE 10-5 (Grundfos catálogo)

Após escolhido o modelo da bomba, pelo ábaco fornecido pela marca é possível determinar o rendimento da bomba escolhida.

Sendo:

$$WHP = 1,035 \text{ kW}$$

$$\eta = 0,68$$

$$THP = 1,035/0,68$$

$$THP = 1,52 \text{ kW}$$

A potência consumida pela bomba é de 1,52 kW

4.1.5.4. Consumo Energético

O consumo energético vai resultar de toda a energia consumida pela instalação durante uma rega. Haverá assim que determinar os tempos totais de rega para o conjunto de sectores de rega (Tabela 13).

Tabela 13 – Tempos de rega para sectores de aspersão

Sector 01	Sector 02	Sector 03	Sector 04	Sector 05+25	Sector 06	Sector 07	Sector 08+26
1,29 h	1,29 h	1,29 h	1,47 h	1,47 h	1,47 h	1,47 h	1,47 h

Sector 09	Sector 10	Sector 11+12	Sector 13+22	Sector 14	Sector 15	Sector 16	Sector 17+19
1,47 h	1,47 h	1,35 h	1,40 h	1,47 h	1,54 h	1,54 h	1,57 h

Sector 18	Sector 20	Sector 21	Sector 23+24	Sector 27+28	Sector 29+30	Sector 31+32
1,57 h	1,40 h	1,40 h	1,40 h	1,47 h	1,35 h	1,40 h

Para este caso de estudo o tempo total de rega para os sectores da aspersão é de 33 horas.

A energia consumida (E_c) resultará do produto da potência consumida pela bomba (THP) pelo tempo de funcionamento (T):

$$E_c = THP \times T$$

$$E_c = 1,52 \text{ kW} \times 33 \text{ h} = 50,16 \text{ kWh}$$

Se se considerar o valor do *kWh* de 0,09 €, então tem-se que o custo de uma rega (C_r) será de:

$$C_r = 50,16 \text{ kWh} \times 0,09 \text{ €} = 4,51 \text{ €}$$

5. Desenvolvimento do Projecto

No desenvolvimento do projecto foi necessário definir três zonas distintas. Para estas zonas foram propostos diferentes sistemas de rega. Assim, a cada caso apresentado pelo desenho do projecto, é adoptado o sistema de rega que melhor se adapte ao local, para assim satisfazer as necessidades hídricas exigidas pelas plantas.

5.1. Sistemas de rega

Na rede de rega projectada para o Valadas Vineyard foram utilizadas dois processos diferentes de rega sob pressão: aspersão e rega localizada.

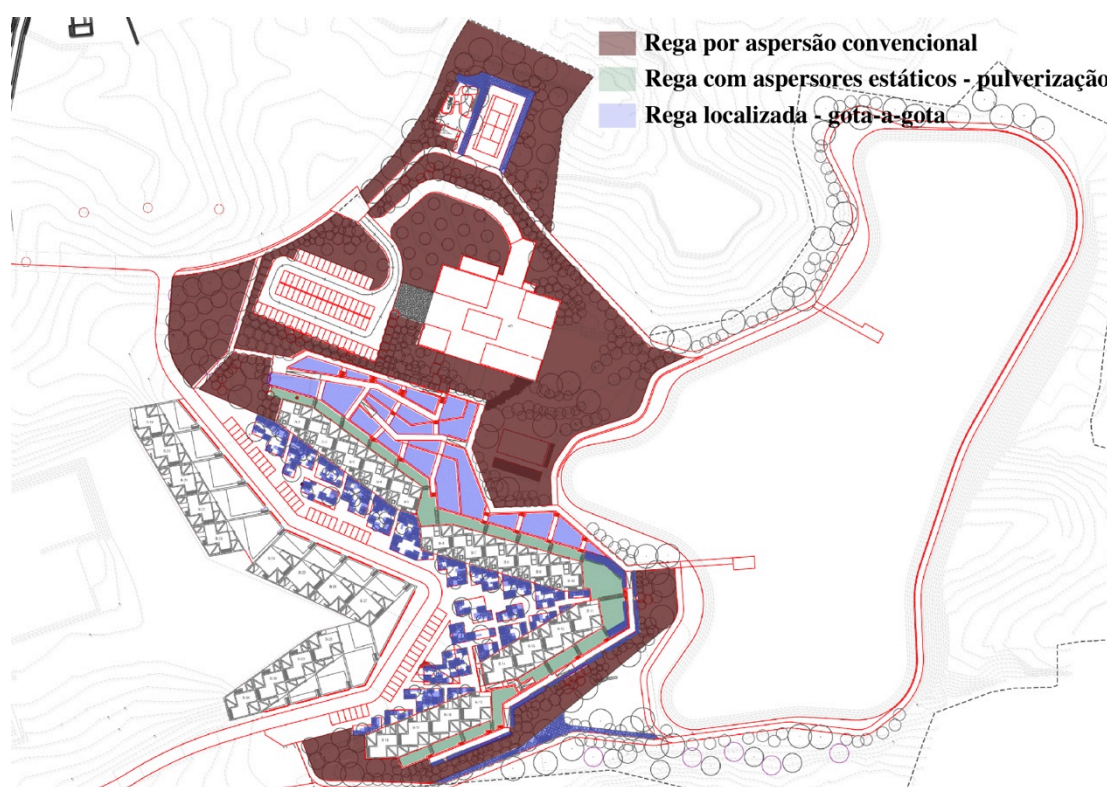








Figura 36 – Localização dos sistemas de rega





Rega por aspersão

Foi adoptada para as zonas mais amplas e com maior dimensão. O aspersor escolhido foi o 5000/PLUS/PRS/UPG, com bicos 25, 30 e 35 MPR, da marca Rain Bird. Estes bicos têm a enorme vantagem de apresentarem uma pluviometria muito idêntica para alcances diferentes e para sectores com formas distintas (360°, 180°, 120° ou 90°), sendo muito semelhante a quantidade de água aplicada à superfície total regada.

Tabela 14 – Características dos bicos 5000-MPR-25, MPR-30 e MPR-35

Bicos	bar	m	m ³ /h	■ mm/h	▲ mm/h
	1,7	7,0	0,17	13,7	15,8
	2,4	7,3	0,20	14,9	17,3
	3,1	7,6	0,23	15,6	18,1
	3,8	7,6	0,25	17,4	20,1
	4,5	7,6	0,27	18,9	21,9
	1,7	7,0	0,23	13,9	16,0
	2,4	7,3	0,27	15,4	17,8
	3,1	7,6	0,31	16,2	18,7
	3,8	7,6	0,35	18,0	20,7
	4,5	7,6	0,38	19,6	22,6
	1,7	7,0	0,33	13,3	15,4
	2,4	7,3	0,39	14,7	17,0
	3,1	7,6	0,45	15,5	17,9
	3,8	7,6	0,50	17,3	20,0
	4,5	7,6	0,55	18,9	21,8
	1,7	7,0	0,63	12,8	14,8
	2,4	7,3	0,76	14,2	16,4
	3,1	7,6	0,87	14,9	17,3
	3,8	7,6	0,97	16,6	19,2
	4,5	7,6	1,05	18,1	20,9

Bicos	bar	m	m ³ /h	■ mm/h	▲ mm/h
	1,7	8,8	0,23	12,0	13,8
	2,4	9,1	0,28	13,4	15,4
	3,1	9,1	0,32	15,2	17,6
	3,8	9,1	0,35	17,0	19,6
	4,5	9,1	0,38	18,4	21,2
	1,7	8,8	0,30	11,7	13,5
	2,4	9,1	0,35	13,2	15,2
	3,1	9,1	0,42	15,1	17,4
	3,8	9,1	0,47	16,8	19,4
	4,5	9,1	0,51	18,3	21,1
	1,7	8,8	0,49	12,5	14,4
	2,4	9,1	0,59	14,1	16,2
	3,1	9,1	0,67	16,1	18,6
	3,8	9,1	0,75	17,9	20,7
	4,5	9,1	0,82	19,6	22,6
	1,7	8,8	0,96	12,3	14,2
	2,4	9,1	1,15	13,8	15,9
	3,1	9,1	1,31	15,7	18,1
	3,8	9,1	1,45	17,4	20,0
	4,5	9,1	1,57	18,8	21,7

Bicos	bar	m	m ³ /h	■ mm/h	▲ mm/h
	1,7	9,8	0,32	13,4	15,4
	2,4	10,4	0,38	14,1	16,3
	3,1	10,7	0,44	15,3	17,7
	3,8	10,7	0,48	17,0	19,6
	4,5	10,7	0,52	18,4	21,3
	1,7	9,8	0,40	12,7	14,6
	2,4	10,4	0,49	13,6	15,6
	3,1	10,7	0,56	14,7	17,0
	3,8	10,7	0,62	16,4	18,9
	4,5	10,7	0,68	17,9	20,7
	1,7	9,8	0,62	13,1	15,2
	2,4	10,4	0,76	14,1	16,3
	3,1	10,7	0,87	15,2	17,6
	3,8	10,7	0,96	16,9	19,5
	4,5	10,7	1,05	18,4	21,3
	1,7	9,8	1,22	12,8	14,8
	2,4	10,4	1,50	14,0	16,2
	3,1	10,7	1,72	15,1	17,5
	3,8	10,7	1,91	16,8	19,4
	4,5	10,7	2,09	18,3	21,2







O alcance destes bicos varia entre os 7,0 e os 10,7 metros, sendo possível reduzir o mesmo até 25 %. Esta possibilidade permite adaptar o alcance dos bicos em certos locais, para assim ajustar a área humedecida à área a beneficiar e, deste modo, evitar o desperdício de água.







Rega com aspersores estáticos - Pulverização

Este sistema de rega é, em muitos parâmetros, idêntica à aspersão, embora apresente alcances menores e intensidades pluviométricas bastante mais elevadas. A pulverização do jacto de água é conseguida mediante o seu impacto contra uma cabeça estática, sendo o grau de pulverização mais elevado para pressões maiores, o que torna o sistema de rega bastante sensível ao vento.

Propõe-se a sua adopção para o espaço de relvado na zona frontal às moradias, onde as pluviometrias elevadas (entre os 46 e os 111 mm/h) não devem originar escorrimentos significativos devido à cobertura do solo pelo relvado. Os bicos escolhidos são da série MPR adaptáveis aos pulverizadores das séries 1800 e UNI Spray. Os alcances variam entre 2,7 e os 4,6 metros.

Tabela 15– Características dos bicos Série 12-MPR (esquerda) e Série 15-MPR(direita), utilizados nos pulverizadores emergentes das séries 1800 e UNI-Spray

Bicos	bar	m	m ³ /h	■ mm/h	▲ mm/h
	1,0	2,7	0,40	55	63
	1,5	3,2	0,48	47	54
	2,0	3,6	0,59	46	53
	2,1	3,7	0,60	44	51
	1,0	2,7	0,30	55	63
	1,5	3,2	0,36	47	54
	2,0	3,6	0,45	46	53
	2,1	3,7	0,45	44	51
	1,0	2,7	0,26	55	63
	1,5	3,2	0,32	47	54
	2,0	3,6	0,40	46	53
	2,1	3,7	0,40	44	51
	1,0	2,7	0,20	55	63
	1,5	3,2	0,24	47	54
	2,0	3,6	0,30	46	53
	2,1	3,7	0,30	44	51
	1,0	2,7	0,13	55	63
	1,5	3,2	0,16	47	54
	2,0	3,6	0,20	46	53
	2,1	3,7	0,20	44	51
	1,0	2,7	0,10	55	63
	1,5	3,2	0,12	47	54
	2,0	3,6	0,15	46	53
	2,1	3,7	0,15	44	51

Bicos	bar	m	m ³ /h	■ mm/h	▲ mm/h
	1,0	3,4	0,60	52	60
	1,5	3,9	0,72	47	55
	2,0	4,5	0,84	41	48
	2,1	4,6	0,84	40	46
	1,0	3,4	0,45	52	60
	1,5	3,9	0,54	47	55
	2,0	4,5	0,63	41	48
	2,1	4,6	0,63	40	46
	1,0	3,4	0,40	52	60
	1,5	3,9	0,48	47	55
	2,0	4,5	0,55	41	48
	2,1	4,6	0,56	40	46
	1,0	3,4	0,30	52	60
	1,5	3,9	0,36	47	55
	2,0	4,5	0,42	41	48
	2,1	4,6	0,42	40	46
	1,0	3,4	0,20	52	60
	1,5	3,9	0,24	47	55
	2,0	4,5	0,28	41	48
	2,1	4,6	0,28	40	46
	1,0	3,4	0,15	52	60
	1,5	3,9	0,18	47	55
	2,0	4,5	0,21	41	48
	2,1	4,6	0,21	40	46

Rega localizada

Para as zonas constituídas por herbáceas e por vinha propõe-se a adopção de um sistema de rega gota-a-gota. Preconiza-se a utilização de tubo com gotejamento em linha integrada, autocompensante. Este tubo de gotejamento é ideal para vegetação em linha. Propõe-se a utilização da Série *Rain Bird Dripline* pois este tipo de tubo apresenta um sistema de compensação de pressão que melhora a resistência ao entupimento. É composta por duas camadas: castanha por fora e preta por dentro que melhora a resistência aos raios UV e ao choque. Este tubo funciona a uma pressão entre 0,8 a 4 *bar*, estão disponíveis em rolos de 100 metros e cada gotejador liberta um caudal de cerca de 2,2 l/h. Em termos de dimensões, apresenta um diâmetro exterior de 16 mm, diâmetro interno de 13,7 mm e uma espessura da parede de 1,5 mm.

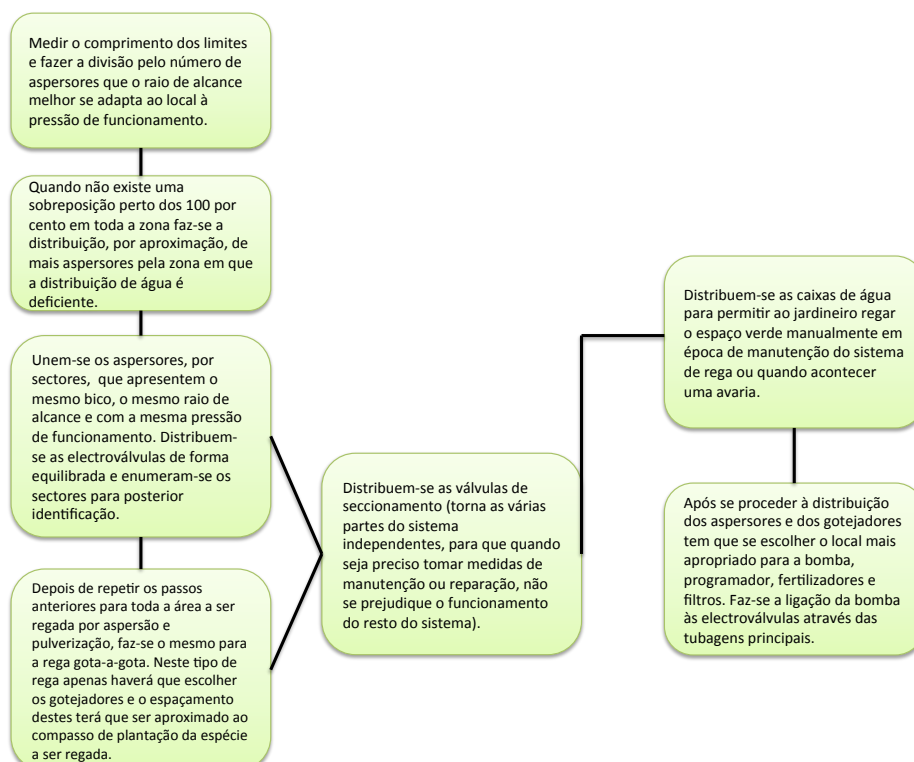
Tabela 16 – Prestações e comprimento máximo das linhas da Serie *Rain Bird Dripline*

Pressão de entrada da água (bar)	Declive (%)	Caudal 2,2 l/h Espaçamento entre gotejadores 33 cm	Caudal 2,2 l/h Espaçamento entre gotejadores 40 cm	Caudal 2,2 l/h Espaçamento entre gotejadores 50 cm
1,5	-3	91	108	132
	-2	89	105	128
	-1	86	101	123
	0	83	97	116
	1	79	92	110
	2	76	88	103
	3	73	83	97
2,0	-3	107	127	154
	-2	105	124	150
	-1	102	121	146
	0	100	117	140
	1	97	113	135
	2	94	109	129
	3	91	105	123
2,5	-3	119	141	171
	-2	117	138	167
	-1	115	135	163
	0	112	132	158
	1	110	128	153
	2	107	125	148
	3	105	121	143
3,0	-3	129	153	185
	-2	127	150	182
	-1	125	147	178
	0	123	144	173
	1	120	141	168
	2	118	138	164
	3	116	134	159
3,5	-3	138	163	198
	-2	136	160	194
	-1	134	158	190
	0	132	154	186
	1	129	152	181
	2	127	148	177
	3	125	146	173
4,0	-3	145	172	208
	-2	144	170	205
	-1	142	167	201
	0	140	164	197
	1	137	161	193
	2	135	158	189
	3	133	155	185

Um factor a ter em consideração, após implementação do sistema gota-a-gota, é não deixar qualquer tipo de tubagem à vista, isto caracteriza-se por ser pouco estético, pondo em causa o melhor arranjo paisagístico. Para poder esconder as tubagens é muito importante ter em consideração o tipo de cobertura do solo presente na zona de implementação deste sistema de rega. O revestimento do solo que melhor cumpre a tarefa é constituído por materiais como a gravilha, a brita ou a casca de pinheiro, entre outros. No caso deste estudo optou-se pela tubagem a descoberto na zona das vinhas, enquanto que na das herbáceas as tubagens ficam escondidas pelo revestimento de gravilha.

5.2. Organigrama da Metodologia Adoptada para a Disposição e Dimensionamento de Aspersores e Gotejadores

O esquema seguinte (Organigrama 1), demonstra a metodologia que foi adoptada no projecto do sistema de rega do caso prático em estudo. Este objecto serviu para definir a disposição e dimensionamento dos aspersores e gotejadores, electroválvulas, válvulas de seccionamento, caixas de água, bomba, filtros, programadores, fertilizadores e tubagens principais.



Organigrama 1 – Organigrama que demonstra a metodologia adoptada para a disposição e dimensionamento dos aspersores e gotejadores

5.3. Sistemas de Bombagem

Em relação ao sistema de bombagem, foram escolhidos dois grupos hidropressores. O equipamento escolhido é o Hydro Multi-E2CRE10-05 para a aspersão e o Hydro Multi-E2CRE10-06 para a pulverização e gota-a-gota, ambos da marca Grundfos. Estes grupos hidropressores funcionam com uma gama de caudais entre os 5 e os 13 m^3/h , com um rendimento máximo de 70 %. Este tipo de grupo hidropressor apresenta a vantagem de ocupar menos espaço e de facilitar nas manobras relacionadas com avarias ou manutenção.



Figura 37 – Grupo hidropressor com 2 bombas

Programador

O programador proposto é eléctrico, com descodificador da Série ESP-LXD da marca Rain Bird. Este tipo de aparelho foi escolhido por apresentar um ecrã de grande dimensão e uma sequência de programação intuitiva que o tornam mais fácil de utilizar. Este modelo controla a válvula mestra e pode controlar 50 estações, que podem ser facilmente expansíveis até 200 estações.



Figura 38 – Programador Rain Bird Série ESP-LXD

Electroválvulas

Em relação às electroválvulas são propostas as da marca Rain Bird Série 100-PGA e 150-PGA. Estas electroválvulas permitem prevenir os golpes de aríete devido ao seu fecho lento. Apresentam flexibilidade no projecto e na instalação, devido a permitirem uma configuração em linha e em ângulo (Tabela 18). Apresentam ainda a possibilidade de instalar reguladores de pressão.

Tabela 17 – Perdas de carga das Electroválvulas 100-PGA (à esquerda) e 150-PGA (à direita)

100-PGA			150-PGA		
m ³ /h	Linha	Ângulo	m ³ /h	Linha	Ângulo
1,2	0,38	0,38	6	0,10	0,07
3	0,41	0,41	9	0,22	0,14
6	0,43	0,43	12	0,38	0,23
9	0,48	0,48	15	0,61	0,36
			18	0,86	0,51
			21	1,16	0,70

5.4. Sistemas de Filtragem e Fertirrega

A água utilizada para regar o *resort* provém da lagoa artificial, como esta não tem capacidade para responder às necessidades do sistema esta deve ser abastecida a partir um ou mais furos, próximos do *resort*. Tal representa um risco de presença de areia proveniente desses furos, é portanto necessário utilizar um hidrociclone para eliminar a areia. No caso de estudo é proposto portanto um hidrociclone da marca Odis Irrigation Equipment Ltd, Série 5000 com 3 polegadas de diâmetro de entrada e saída. Trata-se de um hidrociclone que apresenta uma eficiência de 97 %, para partículas de peso específico superior ao da água e um diâmetro superior a 0,1 mm.

**Figura 39** – Hidrociclone Odis série 5000

Uma vez que a água utilizada para regar provém da lagoa artificial, existe uma grande probabilidade de formação de algas. É por isso imperativo que se utilize um filtro de areia para eliminar qualquer tipo de substância orgânica presente na água. Para este caso de estudo é proposto o filtro de areia da marca Odis série 4000, de 30 polegadas de filtração, que pode comportar caudais entre os 10 e os 35 m³/h.



Figura 40 – Filtro de Areia Odis série 4000

Para eliminar as substâncias mais pequenas de origem mineral (provenientes muitas vezes da fertirrega) é necessário incorporar um filtro de malha. É proposto o filtro de malha da Odin séries 3000 que será instalado após a bomba injectora de fertilizante.



Figura 41 – Filtro de malha Odis série 3000

Sistema de Fertirrega

Para se poder injectar a solução fertilizante na água de rega é necessário incorporar uma bomba injectora no sistema. É proposta uma bomba de pistão, injectora de fertilizante da marca Seko Serie PS1. Esta bomba tem a capacidade de injectar entre 1,5 e 304 L/h de solução fertilizante, funcionando com uma pressão máxima de 20 bar.



Figura 42 – Bomba Injectora Seko série PS1

5.5. Adução de água

O sistema de rega é projectado para que a lagoa sirva como reservatório de abastecimento. Porém, procedendo aos cálculos da evaporação sofrida nesse espelho de água e somando estes à quantidade de água necessária para o sistema de rega, podemos concluir que a lagoa não é capaz de autossustentar a rega. Sendo por isso essencial instalar um sistema de alimentação de água para a lagoa que irá funcionar ao mesmo tempo que a rega.

Sabendo que o sistema de rega proposto utiliza, no mês de ponta, cerca de 17 000 L/h para regar, que a área da lagoa é cerca de 26 390 m² e a evapotranspiração no mês de ponta é de 208 mm (ver tabela 27), podemos calcular a quantidade de água que é necessária para carregar o espelho de água. Primeiro há que calcular o valor da evapotranspiração diária (6,72 mm). Se multiplicarmos este valor pela área da lagoa, encontramos o volume de água evapotranspirado por dia por este elemento (177,34 m³). Como a rega se processa num regime de 8 horas diárias, há que dividir este valor por 8 (22,17 m³/h). Este valor acresce ainda a água utilizada na rega (17 m³/h) o que resulta no valor total a injectar no espelho de água durante a rega (39,17 m³/h). Não se considerou a evaporação, uma vez que parte da lagoa estará coberta com vegetação aquática e ainda porque o cálculo da exportação de água para a atmosfera através da evapotranspiração, sendo por excesso, permite uma margem de segurança no funcionamento do sistema de abastecimento.

Em resultado dos cálculos efectuados será necessário fornecer cerca de 39,17 m³/h, para que o nível do espelho de água não seja afectado depois de uma rega. Uma vez que a zona é muito favorecida em água subterrânea de boa qualidade, prevê-se

que não haverá problemas em instalar um sistema que forneça esta quantidade de água equitativamente através de um ou dois furos adjacentes à área de estudo.

6. Gestão do Projecto em Funcionamento

Toda a metodologia exposta neste trabalho permitirá um bom funcionamento dos sistemas de rega apenas se houver uma boa gestão do projecto. Será pois necessário que as dotações previstas para cada sector de rega sejam aplicadas dentro dos intervalos entre regas aconselhados. Tratando-se de um sistema complexo, com um elevado número de sectores e envolvendo técnicas de rega distintas, foi efectuado um exercício de previsão de funcionamento do conjunto dos sectores de rega durante o mês de ponta. Efectuou-se ainda um balanço hídrico para um ano completo, com vista à estimativa das necessidades de rega anuais.

Assim, foram definidos, para cada sector, os dias do mês e as respectivas horas de funcionamento. O tempo aconselhado de rega diário é de aproximadamente 8 horas. Este período deve acontecer numa altura em que não prejudique o normal funcionamento do local e a utilização por parte dos utentes. Deve ainda ser conjugado com as alturas do dia em que o sistema (aspersão) seja menos afectado pelo vento (nas primeiras e nas últimas horas de cada dia), para além de que deve ser efectuada no período de menor custo energético. Assim, tentando cumprir os pressupostos enunciados, programaram-se as regas durante o período nocturno, entre as 22h00 e as 6h00, com apenas 3 excepções (Programas A, B e D na Tabela 23), em que esse período é ligeiramente ultrapassado.

6.1 Programação do Sistema de Rega

Para o sistema de rega, uma vez que existem 32 sectores de aspersão, 10 sectores de pulverização e 23 sectores de gota-a-gota, propõe-se um programador eléctrico por descodificadores do tipo Rain-Bird da Série ESD-LXD. Este equipamento permite introduzir a hora de início, do fim de rega e o tempo de rega para cada sector. Isto torna possível que se forneça água no dia e na hora estipulados pelos cálculos referidos anteriormente. Além de controlar a rega este equipamento vai permitir também controlar o arranque da bomba (através de um relé que o equipamento permite conectar) e da válvula mestra (também através de um relé). Estas funções automáticas são bastante vantajosas uma vez que diminuem a necessidade de mão-de-obra.

Depois de se proceder aos cálculos concluiu-se que no caso de estudo terão que se efectuar 7 regas, com 4 dias de intervalo, para os sectores de aspersão, 9 regas com 3 dias de intervalo para a pulverização e regar as zonas de gota-a-gota com 2 dias de intervalo. Para responder a essas necessidades a organização da rega será feita com o recurso a 5 programas (A, B, C, D, e E) Nos programas A, B, C e D vão estar inseridos os sectores de aspersão. No programa E vão estar inseridos os sectores de pulverização. No programa F vão estar inseridos os sectores de a gota-a-gota.

Na tabela 23 podemos observar os 5 programas e quais os sectores inseridos nos mesmos, assim como o tempo total de rega para cada um. Na tabela 24 pode-se observar os dias do mês em que cada programa estará activo.

Tabela 18 – Programação do tempo de rega diário para os sistemas de rega por aspersão, pulverização e gota-a-gota

Programas	Sectores de Rega	Tempo de Rega
A	1;2;3;4;5;6;25	8h 28m
B	7;8;9;10;11;12;13;22;26	8h 58m
C	14;15;16;17;18;19	7h 56m
D	20;21;23;24;27;28;29;30;31;32	8h 38m
E	1P;2P;3P;4P;5P;6P;7P;8P;9P;10P	4h 43m
F	1G;2G;3G;4G;5G;6G;7G;8G;9G;10G;11G;12G;13G;14G;15G;16G;17G;18G;19G;20G;21G;22G;23G	2h 58m

Tabela 19 – Programação dos dias de rega para os sistemas de rega por aspersão, pulverização e gota-a-gota

Programas	Dias do Mês
A	1º, 5º, 9º, 13º, 17º, 21º, 25º, 29º
B	2º, 6º, 10º, 14º, 18º, 22º, 26º, 30º
C	3º, 7º, 11º, 15º, 19º, 23º, 27º, 31º
D	4º, 8º, 12º, 16º, 20º, 24º, 28º
E	1º, 4º, 7º, 10º, 13º, 16º, 19º, 22º, 25º, 28º, 31º
F	1º, 3º, 5º, 7º, 9º, 11º, 13º, 15º, 17º, 19º, 21º, 23º, 25º, 27º, 29º, 31º

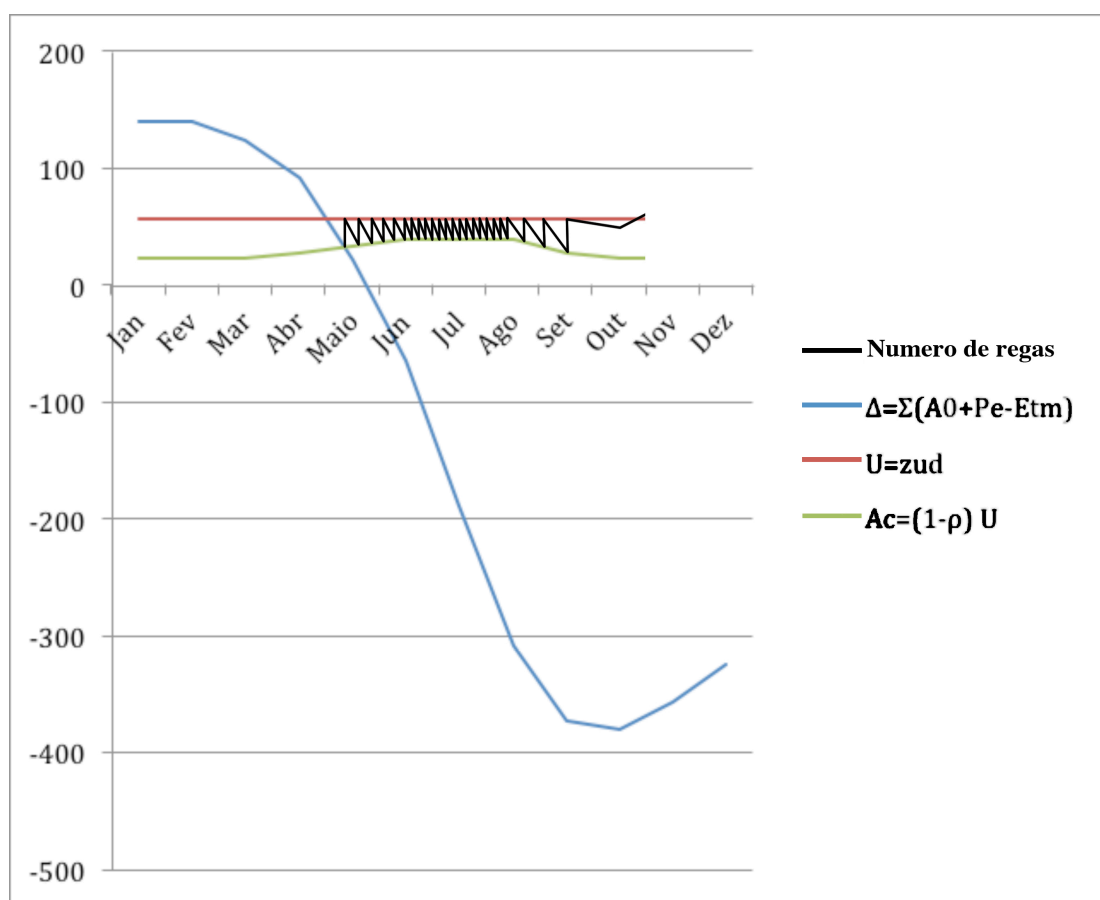
Balanço hídrico

Os cálculos de dimensionamento dos sistemas de rega basearam-se no conhecimento das necessidades hídricas das plantas, mas apenas para o mês de ponta (Julho). Para que se possam dar algumas indicações que facilitem a gestão dos sistemas de rega, mas também para que seja possível obter uma estimativa dos custos anuais da rega procedeu-se à elaboração de um balanço hídrico do solo, com rega, abrangendo o ano inteiro.

O balanço hídrico de um solo para um determinado local obtém-se da conjugação entre os correspondentes valores da precipitação e da evapotranspiração tendo em conta a capacidade de armazenamento do solo para a água e a eventual contribuição das águas do lençol freático. Além de outros elementos, o balanço hídrico do solo permite obter o valor da evapotranspiração real, ou seja, a evapotranspiração que realmente se verifica a partir das condições reais de humidade (Raposo, 1996).

Tabela 20 – Balanço hídrico do solo, com rega, para as condições de Montemor-o-Novo

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano (mm)
P (mm)	87,6	85,8	57,1	56,1	38,3	28,8	7,5	3,7	26,8	69,1	79,6	84,5	624,9
Pe' n/ corrigida (mm)	43,8	44,6	31,4	32,5	23,7	21,9	6,6	2,9	17,2	41,5	46,2	46,5	
Kr	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Pe = Pe' Kr (mm)	43,8	44,6	31,4	32,5	23,7	21,9	6,6	2,9	17,2	41,5	46,2	46,5	358,7
ET ₀ ⁽¹⁾ (mm)	24,4	39,2	75,6	103,3	148,0	172,0	208,3	194,1	130,0	77,1	36,6	22,2	1230,8
K _c	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
ETm = ET ₀ K _c (mm)	15,4	24,7	47,6	65,1	93,2	108,4	131,2	122,3	81,9	48,6	23,1	14,0	775,4
Pe - ETm (mm)	28,4	19,9	-16,2	-32,5	-69,5	-86,5	-124,6	-119,4	-64,7	-7,1	23,1	32,5	-416,7
A = Σ (A ₀ +Pe-ETm) (mm)	140,0	140,0	123,8	91,2	21,7	-64,7	-189,4	-308,8	-373,5	-380,6	-357,5	-325,0	Linha 1
Z (m)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
ud (mm/m)	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	
U = zud (mm)	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	Linha 2
p	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,6	0,6	0,6	
A _c = (1-p) U (mm)	22,4	22,4	22,4	28	33,6	39,2	39,2	39,2	28	22,4	22,4	22,4	Linha 3
Número de regas					1	5	7	7	3				25 regas
Dotações úteis (mm)					23	18	7 x 15	7 x 15	28	23			
						17				25			416
						16							
						16							
Dotações reais (mm) (Ea = 80 %)													499,2

**Figura 43** – Representação gráfica do balanço hídrico do solo com rega, para a situação de Montemor-o-Novo (valores em milímetros)

Após a observação da tabela 27 e da figura 36, podem-se concluir que nos meses de Julho e de Agosto serão necessárias 7 regas, tal como foi apresentado nos cálculos anteriores. Nos restantes meses, entre Maio e Setembro, a necessidade de rega diminuirá devido ao valor da precipitação ser maior e a evapotranspiração ser menor, até ao ponto que não será preciso efectuar mais regas uma vez que o valor da precipitação é superior ao da evapotranspiração.

Tabela 21 – Número de regas em cada mês

Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Total de regas anuais
1	5	7	7	3	23

Tabela 22 – Custo de rega mensal

Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Custo anual
4,99€	24,95€	34,93€	34,93€	14,97€	114,77€

O preço demonstrado acima inclui a rega por aspersão, a rega por pulverização e a rega gota-a-gota.

7. Conclusões

Os espaços verdes são locais que mantêm o equilíbrio ambiental fundamental no crescimento da paisagem urbana, este equilíbrio é necessário para um crescimento sustentável. Inicialmente a presença destes espaços era apenas possível em locais que se situassem perto de linhas de água. Contudo, ao longo dos anos e devido à evolução constante dos processos de transporte da água, hoje em dia é possível que haja espaços verdes onde antigamente seria impensável. Os meios urbanos apresentam condições desfavoráveis e que elevam o stress hídrico das plantas, não podendo estas depender apenas do fornecimento caótico de água do meio ambiente, torna-se necessário por isso a instalação de um sistema de rega. Devido ao crescimento e desenvolvimento da espécie humana, a exigência de presença de espaços verdes na paisagem cresceu, fazendo aumentar também o uso de água nestes. Estes espaços, desde a antiguidade, constituíram elementos da paisagem onde sempre foi investida uma grande quantidade deste recurso, muitas vezes desperdiçada devido à má concepção do projetista, ao cálculo errado das necessidades hídricas, ou à má gestão e manutenção do sistema. É de elevada relevância tentar reverter esta situação devido às crescentes preocupações ambientais e à preocupação de poupança de água por parte do Homem na sua utilização. É então imprescindível que se faça um bom projecto e uma boa gestão da rega em qualquer espaço verde por um técnico com conhecimentos profissionais e sobre o local. Para responder a essas demandas é possível adoptar as metodologias de cálculo apresentadas neste caso de estudo. Em relação à aplicação prática, é mostrada uma possível resolução do problema relativamente ao *Resort Lánd Vineyards*, sendo possível solucioná-lo de outra maneira. Contudo, é possível aplicar a mesma metodologia aqui apresentada a outros espaços verdes.

Pode-se concluir portanto que para o uso eficiente da água nos espaços verdes é necessário:

- 1) Calcular as necessidades hídricas das plantas (Quanto regar?).
- 2) Projetar um sistema de rega eficiente (Como regar?).
- 3) Existir uma boa programação (Quando regar?).
- 4) Existir um cálculo dos indicadores de desempenho para garantir uma boa gestão do sistema de rega.

Neste trabalho académico foram cumpridas as 4 etapas enunciadas, daí resultando um acréscimo de conhecimento e de experiência por parte do executante, em grande medida um dos objectivos centrais destas provas, mas também foi possível alinhar a espinha dorsal de como deve ser concebido um projecto de rega em espaços verdes, constituindo assim uma contribuição para futuros trabalhos e estudos nesta área.

8. Bibliografia

AFONSO, C. (2007). – *GardenISA – Uma Ferramenta de Apoio à Gestão da Rega de Espaços Verdes*; Lisboa; 49 pp

ALEIXO, N. R. (2003). *Guia de Rega – Escolha, Instalação e Manutenção de Bombas de Rega*; C.O.T.R. – Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio; Beja; 42 pp

BABUŠIK, M. (2010) – *Riego en 3 Pasos Guía Práctica*; Lotus Mallorca, S.L.; Sencelles; 315 pp

COSTELLO, L. R. ; JONES K. S. (2000). – *A Guide to Estimating Irrigation Water Needs of Landscape Plantings in California*; University of California Cooperative Extension; California; 137 pp

DOORENBOS, J. ; PRUITT, W.O. (1977). – *Las Necesidades de Água de los cultivos*; FAO; Roma; 212 pp

HENDRIX, H. ; STRAW S. (1998). – *Reliable Rain*. The Taunton Press; Newtown; 139 pp

JAMES, L. G. (1988) – *Principles of Farm Irrigation System Design*; John Wiley and Sons; New Jersey; 543 pp

MELBY, P. (1995) – *Simplified Irrigation Design*. Van Nostrand Reinhold: New York; 230 pp

MENDES, J. ; NUNES F. (2005). *Guia de Rega – Sistemas de Filtragem para a Rega*; C.O.T.R. – Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio; Beja; 59 pp

OLIVEIRA, I. (2005). *Guia de Rega – O Projecto da Rede de Rega*; C.O.T.R. – Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio; Beja; 67 pp

PEREIRA, L. S. (2004). – *Necessidades de Água e Métodos de Rega*. Publicações Europa-América, Colecção Euroagro, Sintra; 312 pp

PIRA, E. (1997). – *Golf Course Irrigation System Design and Drainage*. Sleeping Bear Press; Michigan; 434 pp

RAPOSO, J. R. (1994). – *A Rega Localizada (Gota-a-Gota e Miniaspersão)*. Edições Correio Agrícola; Lisboa; 166 pp

RAPOSO, J. R. (1996). – *A Rega dos Primitivos Regadios às Modernas Técnicas de Rega*. Edição da Fundação Calouste Gulbenkian; Lisboa; 484 pp

ROSA, A. J. G. (2009) – *Fertirrega em Horticultura*; Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve; 57 pp

SANJIAO, M. I. (2010) – *Bloco B: Espaços Verdes e Sustentabilidade*; Instituto Politécnico de Viana do Castelo; Viana do Castelo; 39 pp

SILVA, J. (2011). – *Planos de Gestão de Rega em Projectos de Arquitectura Paisagística*; Lisboa; 78 pp

Catálogos Grundfos <http://www.grundfos.pt>

Catálogos Odis Irrigation Equipment LTD. <http://www.odisfiltering.com>

Catálogos Rain Bird <http://www.rainbird.pt>

Catálogos Seko <http://www.provindus.com>

Catálogos Plassim Irrigation Systems <http://www.plassim.com>